

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENERGIA

**ANÁLISE DE POTENCIALIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE
UMA EMPRESA DE PRODUÇÃO DE *PELLETS* DE
RESÍDUOS DE MADEIRA AO NORTE DE MATO GROSSO**

Hermeson Lopes Dos Santos

Orientador: Wanderley Dantas Dos Santos

Coorientador: Marcelo Farid Pereira

Maringá, Agosto de 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENERGIA

**ANÁLISE DE POTENCIALIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE
UMA EMPRESA DE PRODUÇÃO DE *PELLETS* DE
RESÍDUOS DE MADEIRA AO NORTE DE MATO GROSSO**

Hermeson Lopes Dos Santos

Orientador: Wanderley Dantas Dos Santos

Coorientador: Marcelo Farid Pereira

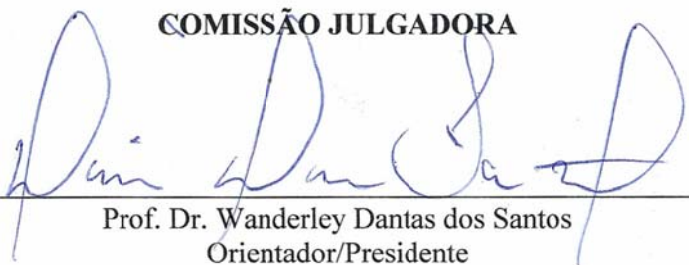
Dissertação de Mestrado apresentada à
Universidade Estadual de Maringá,
como parte dos requisitos necessários à
obtenção do Grau de Mestre em
Bioenergia, área de Biocombustíveis.

Maringá, Agosto de 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOENERGIA

Esta é a versão final da dissertação de Mestrado apresentada por **Hermeson Lopes dos Santos** perante a Comissão Julgadora do Curso de Mestrado em Bioenergia em 28 de agosto de 2019.

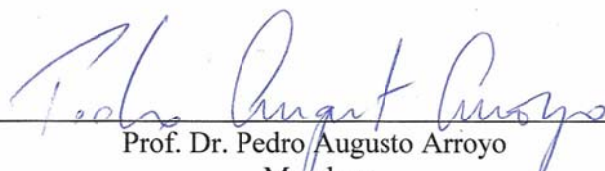
COMISSÃO JULGADORA



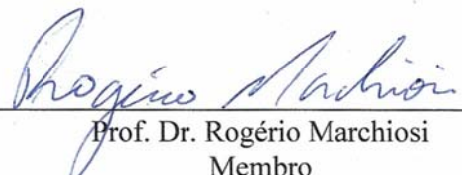
Prof. Dr. Wanderley Dantas dos Santos
Orientador/Presidente



Prof. Dr. Marcelo Pereira Farid
Coorientador



Prof. Dr. Pedro Augusto Arroyo
Membro



Prof. Dr. Rogério Marchiosi
Membro

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

S237a	<p>Santos, Hermeson Lopes dos</p> <p>Análise de potencialidade para implantação de uma empresa de de produção de Pellets de resíduos de madeira ao Norte de Mato Grosso / Hermeson Lopes dos Santos. -- Maringá, PR, 2019. 66 f.: il. color., figs., tabs., maps.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Wanderley Dantas dos Santos. Coorientador: Prof. Dr. Marcelo Pereira Farid. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Bioenergia, 2019.</p> <p>1. Biomassa. 2. Biocombustível. 3. Pellets - Produção. 4. Sustentabilidade. I. Santos, Wanderley Dantas dos, orient. II. Farid, Marcelo Pereira, coorient. III. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Tecnologia. Departamento de Engenharia Química.</p> <p>CDD 23.ed. 660.63</p>
-------	--

Ademir Henrique dos Santos - CRB-9/1065

DEDICATÓRIA

A Deus, por ter me dado força e graça para concluir mais esta etapa na minha caminhada e a minha família pelo apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela oportunidade e força dada a mim para alcançar a conclusão de mais esta etapa na minha vida.

A minha esposa Naiara e filhos Benjamin e Raul pela compreensão, paciência e incentivo a mim depositados nesse período.

Aos meus orientadores Professores Wanderley Dantas dos Santos e Marcelo Pereira Farid, pelo auxílio e acompanhamento na condução do desenvolvimento dessa pesquisa.

À Universidade Estadual de Maringá e a Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA-MT) pela estrutura e material cedidos para a realização da pesquisa.

À CAPES, pela concessão de bolsa de estudo para o desenvolvimento desse projeto.

A todas as empresas que cederam dados e informações referente seus serviços, produtos e tecnologia disponível para a pesquisa.

Aos amigos de curso que contribuíram de alguma forma para o andamento da pesquisa.

Finalmente, agradeço a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para ao desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

ANÁLISE DE POTENCIALIDADE PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA EMPRESA DE PRODUÇÃO DE *PELLETS* DE RESÍDUOS DE MADEIRA, AO NORTE DE MATO GROSSO

RESUMO

Com o aumento do consumo de energia no mundo, a busca por novas tecnologias para gerar energia deve ser intensificada de forma a tornar a produção de energia mais sustentável, tanto do ponto de vista ecológico quanto econômico. O presente trabalho tem como objetivo estudar o potencial para implantação de uma empresa de produção de *pellets* de resíduos de madeira no norte de Mato Grosso, mediante um diagnóstico dos resíduos e rejeitos das indústrias madeireiras no estado, a fim de conhecer e a disponibilidade, a quantidade dessa biomassa. Os dados analisados para identificação e quantificação dos resíduos foram pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente- SEMA/MT, referente à produção de resíduos madeireiros nos municípios do estado, durante o ano de 2006 a 2017, e também pesquisas em livros, artigos científicos, dissertações de mestrado, teses de doutorado e *sites* na *Internet*. Os resultados mostraram que o mercado interno e externo de *pellets* está em crescimento, mas ainda não alcançou a maturidade; a implantação de uma fábrica de *pellets* é viável em Sinop, pois não há fábricas de *pellets* nessa região; a região produz matéria prima suficiente para a fabricação de *pellets*; há mercado local e global; a tecnologia para a montagem da fábrica é acessível; há logística de transporte do produto, sendo as mesmas rodovias utilizadas para o escoamento das safras e madeira da região, tanto para o mercado interno como externo. No entanto, o alto valor do frete ainda é um empecilho para tornar o *pellet* competitivo para a exportação. Entretanto, em relação ao transporte há expectativa que até 2020 seja implantada uma ferrovia que virá facilitar o escoamento da safra, podendo ser utilizada para transportar outros manufaturados a granel, como é o caso dos *pellets*, tornando o produto de menos custo, mas isso ainda não foi confirmado, podendo levar aproximadamente 10 anos para seu funcionamento.

Palavras-chave: Biomassa. Biocombustível. Produção. Sustentabilidade.

POTENTIALITY ANALYSIS FOR IMPLEMENTATION OF A COMPANY FOR THE PRODUCTION OF PELLETS FROM WOOD WASTE, NORTH OF MATO GROSSO

ABSTRACT

With the increase in energy consumption in the world, the search for new technologies to generate energy must be intensified in order to make energy production more ecological and economically sustainable. The present work aims to study the technical feasibility for the establishment of a wood waste pellet production company in the north of Mato Grosso, through a diagnosis of the waste and waste from the timber industries in the state, in order to know the availability, amount of this biomass. The data analyzed for waste identification and quantification were made available by the State Secretariat of the Environment - SEMA / MT, regarding the production of wood waste in the municipalities of the State from 2006 to 2017, as well as research on books, scientific articles, Master's dissertations, doctoral theses and websites on the Internet. The results showed that the domestic and foreign pellet market is growing, but has not yet reached maturity; The implementation of a pellet factory is feasible in Sinop as there are no pellet plants in this region. The region produces enough raw material for the manufacture of pellets. there is local and global market; technology for factory assembly is accessible; There are logistics for transporting the product, and the same highways used for the harvesting of the region's crops and timber, both for the domestic and foreign markets, however, the high value of freight is still a hindrance to make the pellet competitive for export. . However, in relation to transport, it is expected that by 2020 a railroad would be implemented that will facilitate the harvesting of the crop and, consequently, could be used to transport other bulk manufactured goods, such as pellets, making the product cheaper, but this still It has not been confirmed, and it is believed that it would still take approximately 10 years for the railway to function.

Keywords: Biomass. Biofuel. Production. Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Potencial de uso da biomassa moderna comparado à tradicional, agregando valor e vantagens à utilização do <i>pellet</i>	18
Figura 2 – Evolução comparativa do custo de diferentes energias na França, em Euros/100 kWh PCI, para uso em aquecimento residencial.....	21
Figura 3 – <i>Pellets</i> de madeira.....	25
Figura 4 – Selos de certificação.....	27
Figura 5 – Etapas do processo de peletização.....	30
Figura 6 – Máquina de moagem-desfibramento para a fabricação de <i>pellets</i> de madeira.....	31
Figura 7 – Secador rotativo de biomassa para a produção de <i>pellets</i>	32
Figura 8 – Esquema de peletização.....	32
Figura 9 – Unidade de resfriamento.....	33
Figura 10 – Embalagem de pellets em big-bags.....	34
Figura 11 – Produção de <i>Pellets</i> no Brasil.....	37
Figura 12 – Exportação de <i>Pellets</i> do Brasil.....	37
Figura 13 – Previsão do consumo mundial de <i>Pellets</i> de madeira.....	38
Figura 14 – Biomas do Brasil.....	39
Figura 15 – Municípios de MT geradores de resíduos madeireiros de 2006 a 2017.....	43
Figura 16 – Os dez municípios com maior produção de resíduo madeireiro em 2006-2017.....	44
Figura 17 – Os dez maiores produtores de resíduo madeireiro, 2015-2017.....	45
Figura 18 – Destino da produção dos principais estados produtores do Brasil.....	52
Figura 19 – Vias de escoamento da produção do estado do Mato Grosso.....	53
Figura 20 – Traçado da Ferrogrão ligando Sinop a Miritituba (PA).....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Consumo anual em dólares canadenses de uma residência com diferentes fontes de energia.....	20
Tabela 2 – Principais características do <i>pellet</i> impostas pela certificação para as três classes de qualidade.....	28
Tabela 3 – Indústrias de <i>Pellets</i> no Brasil.....	35

LISTA DE SIGLAS

- ABIB**- Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável
- ABIPEL**-Associação Brasileira das Indústrias de *Pellets*
- ANTT**- Agência Nacional de Transportes Terrestres
- APEC**- Associação de Cooperação Econômica Ásia-Pacífico
- °C- Graus *Celsius*
- CO₂** - Gás carbônico
- CONAB**- Companhia Nacional de Abastecimento
- CNI**- Confederação Nacional da Indústria
- COP21**- Conferência do Clima com 21 países
- DVPF**- Documento de Venda e Compra de Produtos Florestais
- EU27**- União Europeia com 27 países membros
- EJ**- Exajoule (=10¹⁸ joules)
- EPC**- *European Pellet Council*
- FAO**- *Food and Agriculture Organization* Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura.
- GASNET**- Gás Natural Brasil-Bolívia, arrendada a Petrobrás
- GEE**- Gases de Efeito Estufa
- GF**- Guias Florestais
- IBAMA**- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IMEA**- Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária
- IBGE**- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- MJ**- Megajoule (=10⁶ joules)
- Mpa**-megapascal
- PIB**-Produto Interno Bruto
- SISFLORA**- Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais
- SEMA**- Secretaria de Estado do Meio Ambiente
- RED**- *Renewable Energy Directive*
- TCAM**- taxa de crescimento anual médio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Resíduos Sólidos Agroindustriais.....	13
2.2 Biomassa.....	15
2.2.1 Biomassa Florestal.....	17
2.3 O <i>pellet</i> como biocombustível.....	18
2.4 <i>Pellets versus</i> outras fontes de energia.....	20
2.4.1 Competição do <i>pellet</i> e da biomassa florestal com outros usos da madeira.....	22
2.4.2 Possibilidades de evoluções futuras.....	23
2.5 Normatizações e Especificações Técnicas.....	24
2.5.1 Padrões de Qualidade.....	26
2.5.2 Características Técnicas.....	28
2.6 Tecnologias e processos de produção e transporte.....	29
2.6.1 Produção de <i>pellets</i>	29
2.7 Mercado.....	34
2.8 Estado de Mato Grosso.....	38
2.8.1 Economia.....	39
2.9 Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais (SISFLORA).....	40
3 METODOLOGIA.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	42
4.1 Municípios mato-grossenses geradores de resíduo madeireiros.....	43
4.2 Custo de produção de <i>pellets</i> e retorno de investimentos.....	46
4.3 Mercado Local de <i>pellets</i>	49
4.4 Distribuição de <i>pellets</i> a partir do norte do Mato Grosso.....	51
5 CONCLUSÃO.....	57
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento do consumo de energia no mundo, a busca por novas tecnologias para gerar energia deve ser intensificada, de forma a tornar a produção de energia mais sustentável, tanto do ponto de vista ecológico quanto econômico. As energias fósseis são consideradas não renováveis, porque são consumidas rapidamente, enquanto levaram um tempo muito longo e desproporcional para serem formadas ao longo da escala do tempo geológico (BRAND, 2010).

Há diversas formas de produzir energia sustentável e renovável; um exemplo é a biomassa vegetal, considerada atualmente muito importante na cadeia energética, pois contribui para a diminuição de gás carbônico (CO₂) na atmosfera, além de cooperar para o aproveitamento de matérias primas e perda de energia (MANZANO-AGUGLIARO et al., 2013).

A peletização ou pelletização da madeira facilita o manuseio, transporte, armazenamento e utilização dos resíduos da serragem de madeiras e estabelece uma alternativa aos combustíveis fósseis, como carvão mineral, gás e derivados do petróleo, para alimentação de caldeiras e fornos. No Brasil, algumas indústrias já aproveitam seus resíduos para fabricar esse biocombustível, porém, a quantidade produzida é muito pequena comparado a outros países como: Alemanha, Canadá, Estados Unidos, Suécia e Itália, sendo estes os principais mercados produtores e consumidores (BRAND, 2010).

Enquanto o Brasil produz uma quantidade enorme de resíduos florestais e aproveita muito pouco para a produção de pellets, outros países, como os citados acima, têm uma demanda maior do que a oferta. Diante do potencial para oferta de biomassa, torna-se pertinente a elaboração de um estudo sobre o potencial de produção e comercialização de *pellets* nas principais regiões produtoras do país.

Assim, o objetivo dessa dissertação é apresentar um estudo de potencial para implantação de uma unidade de produção de *pellets* de resíduos de madeira nativa na microrregião de Sinop, Norte de Mato de Grosso. Para isso o estudo almejou diagnosticar a produção de resíduos, rejeitos e subprodutos das indústrias que processam madeiras nativas na região; pesquisar as diferentes tecnologias para a produção; e avaliar o mercado local e global de *pellets*.

O segundo capítulo faz uma explanação do que venha ser resíduos sólidos,

explica o que é biomassa, e biomassa florestal, sendo esse último o foco do estudo em questão. Após, foi especificado o que é o *pellet* e como ele pode ser utilizado na substituição de outras fontes de energia, sendo uma fonte limpa e renovável, utilizado em vários países do mundo, já em grandes proporções. A seguir, expôs-se sobre a competição que o *pellet* ainda encontra em relação ao uso da madeira, bem como suas características, especificações técnicas e normatizações para que se alcance o padrão de qualidade, que faz do uso desse material bastante viável e cada vez mais competitivo.

De uma maneira geral, também foi colocado como se dá a produção do *pellet* e tecnologias utilizadas nesse processo, o mercado nacional e global e informações da região de Mato Grosso, estado foco do estudo, em relação ao bioma e economia.

Feito isso, o terceiro capítulo do estudo traz a metodologia que determinou os caminhos percorridos para que esse trabalho fosse possível de ser realizado.

O quarto capítulo traz os resultados e discussões mostrando os principais municípios mato-grossenses geradores de resíduos madeireiros, destacando os dez municípios com maior produção de resíduo madeireiro em 2006-2017 e entre os anos de 2015 a 2017. Ainda, foi realizada uma breve discussão sobre o custo da produção de *pellets* e retorno de investimento, uma avaliação do mercado local e da distribuição do produto a partir do estado de Mato Grosso. Para finalizar, foram feitas as conclusões do estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resíduos Sólidos Agroindustriais

A geração de resíduos florestais e agrícolas por meio do cultivo e da exploração, bem como por meio de processos industriais, é um grande problema ambiental, social e econômico (COUTO et al., 2004). A geração de resíduos é uma característica intrínseca da cadeia produtiva florestal, mas demanda uma gestão adequada desses resíduos, controle de possíveis fontes de contaminação de águas e solos e das emissões atmosféricas (NASCIMENTO, 2008).

Os resíduos são gerados ao longo de toda a cadeia produtiva. A quantidade e os tipos gerados variam com as características da floresta, da espécie, da natureza da matéria prima, do produto, do grau de processamento, da eficiência do processo de transformação. A quantidade e os tipos gerados, também podem variar de acordo com os tipos de máquinas empregadas pela indústria, número de operações do processamento, qualificação da mão-de-obra (TEIXEIRA, 2005).

A maior quantidade de resíduos gerados é uma consequência do desdobro primário e secundário das toras. O volume de resíduos gerados pode-se expressar como a diferença entre o volume de madeira em toras que entra na serraria e o volume de madeira serrada produzida. Considerando-se os resíduos gerados pelo processo produtivo, como cascas, costaneiras, refilos, aparas e serragem, seria irracional não promover o aproveitamento máximo desses subprodutos do beneficiamento primário da madeira. Tais resíduos, em um primeiro momento, são tidos como rejeitos no processo, mas seguramente podem sair da serraria como matéria-prima para produção de pasta e celulose e chapas de composição, bem como promover a autossuficiência energética da própria indústria (BRITO; BARRICHELO, 2009).

As fontes de matéria prima podem ser oriundas das florestas plantadas que se destinam às indústrias de madeira serrada como painéis a base de madeira e móveis, cuja implantação, manutenção e exploração e também oriundas das florestas nativas, seguem projetos previamente aprovados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) (ZENID et al., 2009).

A cada ano são gerados cerca de 60 milhões de toneladas de resíduos de madeiras e a maior parte é descartada sem valorização. Parcialmente, estes resíduos de madeira dão oriundas de florestas nativas, majoritariamente da região amazônica (BRAND, 2009). Conforme a Confederação Nacional da Indústria (CNI-2012), por possuir potencial madeireiro mais atrativo em termos de quantidade e qualidade, as áreas de floresta natural densa são as mais procuradas pelas indústrias de transformação mecânica, entretanto, do total de 412 milhões de hectares de florestas com potencial madeireiro na Amazônia Legal, somente 214 milhões de hectares (52%) são considerados efetivamente disponíveis para a iniciativa privada. Em um ciclo de corte de 30 anos, com retirada de 25 m³/ha de madeira, essa área poderia gerar, de maneira sustentável, um volume anual de toras para serraria e laminação da ordem de 270 milhões de m³. Tal volume é 10 vezes superior aquele atualmente produzido (LIMA, 2008).

A Amazônia Legal é atualmente a região que abriga o maior número de indústrias da cadeia produtiva do manejo sustentável de florestas naturais. Dessa forma, embora as práticas de manejo causem distúrbios ou perturbações, em nível local, em escala ampla de tempo e espaço, por exemplo, no que se refere a território e paisagem, não devem ser consideradas uma fonte de degradação florestal em si. As florestas têm um nível de resiliência para recuperar suas funções a partir de perturbações mais pontuais (EDWARDS et al., 2011).

Em 2009, com 71 polos madeireiros, foram extraídos aproximadamente 14,2 milhões de metros cúbicos em tora, gerando 5,8 milhões de metros cúbicos de madeira processada, sendo o rendimento médio do processamento de 41%. Os Estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia foram os maiores produtores, respondendo por 91% da produção total. A estimativa da receita bruta gerada pela indústria madeireira da Amazônia Legal nesse ano foi de cerca de US\$ 2,5 bilhões (PEREIRA et al., 2010).

Ainda, no mesmo ano, conforme Pereira et al. (2010), o volume de madeira em tora não aproveitado diretamente pela indústria madeireira foi de 8,3 milhões de metros cúbicos. Desse total 19% foram convertidos em carvão, 18% foram para a fabricação de tijolos e telhas de barro em olarias e 14% foram para a cogeração de energia no processamento de madeira ou para o uso em estufas de secagem.

Além disso, 24% dos resíduos foram aproveitados de diversas formas em aterros, como adubo, lenha, entre outros. Os resíduos não aproveitados (9%) foram

queimados ou abandonados como entulho, sendo que a proporção de entulho foi de 16% no ano de 2009 no total (IMAZON, 2010).

2.2 Biomassa

Biomassa é todo recurso renovável oriundo de matéria orgânica, de origem animal ou vegetal, que pode ser utilizado para produção de energias elétrica e térmica, além de combustíveis. Podem ser de origem animal (dejetos), florestal (troncos, galhos e folhas), agrícola (soja, arroz e cana-de-açúcar, entre outras) e rejeitos urbanos e industriais (sólidos ou líquidos, como o lixo) (TAVARES; TAVARES, 2015). Vale ressaltar que, dentre as muitas tentativas de conceituar e classificar as diversas fontes de biomassa que existem na natureza, sob os mais diferentes critérios, se destaca também a classificação apresentada em Nogueira (2005), que separa as biomassas em dois grupos gerais: as tradicionais (não sustentáveis); e as modernas (sustentáveis).

Biomassas tradicionais são aquelas obtidas de forma meramente extrativista, sem reposição. A sua exploração intensa acaba fazendo com que a demanda ultrapasse a oferta, tornando insustentável a manutenção do consumo nos mesmos níveis anteriores. Geralmente estas são utilizadas domesticamente de maneira rústica, em locais pobres e isolados, para a cocção e aquecimento de ambientes, como exemplo, a madeira de desflorestamento, resíduos florestais e dejetos de animais. Já as biomassas modernas são obtidas de forma legal e certificadas, o que significa o uso de técnicas de manejo adequadas de forma a garantir o suprimento futuro. Bons exemplos de biomassas sustentáveis são os biocombustíveis, a madeira de reflorestamento, resíduos agrícolas e agroindústrias, etc. (KAREKESI et al, 2004).

Entre as biomassas modernas (sustentáveis) incluem-se as primárias (produtos de reflorestamentos e resíduos agro-silvipastoris) e as secundárias, obtidas a partir do beneficiamento de biomassas primárias, por meio de processos químicos, físicos e mecânicos. Essas biomassas manufaturadas podem ser líquidas (ex: biodiesel, etanol), gasosas (ex: biogás) e sólidas (briquetes e *pellets*) (TAVARES; TAVARES, 2015).

A biomassa é tão importante para o futuro energético das gerações futuras que se tornou objeto de estudo em intensos programas de pesquisas ao redor do planeta. Estima-se que 56% das pesquisas sobre energias renováveis no mundo se

referem à biomassa. Assim, a biomassa sólida, composta, em grande parte, por produtos a base de madeira (lenha, *pellets*, briquetes, etc.) vem aumentando na matriz da Europa, ao lado de outras fontes renováveis de energia (GARCIA et al., 2017).

Nos dias 23 e 24 de outubro de 2014, durante o Conselho Europeu reunido em Bruxelas (Bélgica), os dirigentes dos países europeus adotaram o “Quadro Energia-Clima 2030”, que comporta três objetivos: reduzir em 40% as emissões de gases de efeito estufa (GEE), em relação ao ano de 1990; colocar as energias renováveis no patamar de 27% do consumo da energia da União Europeia e melhorar a eficiência energética em 30%. Assim, este último Conselho Europeu confirmou a profunda mudança na matriz energética da Europa, que foi iniciada com o compromisso anterior dos 3x20 (20-20-20), ou seja, redução dos GEE de 20%, 20% de energias renováveis na matriz energética e 20% de melhoria na eficiência energética até 2020, compromisso que foi estabelecido pela Diretiva Europeia 2009/28/CE, no dia 23 de abril de 2009, chamada *Renewable Energy Directive* (RED) (GOETZL, 2015).

No entanto, esse objetivo não foi alcançado, pois, atualmente, as energias renováveis representam apenas 10% do consumo total de energia da União Europeia. Nas estatísticas da EU27, a energia da madeira está contabilizada na categoria “biomassa e seus resíduos”, que faz parte das energias renováveis, ao lado da hidroeletricidade, da energia eólica, da energia solar e da geotermia (GARCIA et al., 2017).

Segundo Hall et al. (2010), a metade das energias renováveis utilizadas na União Europeia (EU27) tem origem na madeira. Com o objetivo de alcançar a porcentagem de 27% de energias renováveis na matriz energética da Europa até 2030, espera-se que a biomassa vegetal se torne um importante suprimento dessas necessidades.

O aumento significativo do uso da energia da biomassa florestal vai ser possível graças aos subsídios dos governos europeus, justificados pela vontade de reduzir o papel do carvão na matriz energética europeia, grande emissora de CO₂ nas usinas termoelétricas. Esses subsídios podem ser na forma de prêmios ao CO₂ não emitido. No dia 10 de outubro de 2014, os Estados Unidos, junto com outros países, como a China, no fórum da Associação de Cooperação Econômica Ásia-

Pacífico (APEC), assinaram o compromisso de reduzir as suas emissões em 26% a 28% até 2025, em relação aos valores de 2005 (GARCIA et al., 2016).

Isso só será possível com uma parte crescente das energias renováveis na matriz energética dos Estados Unidos. Essas decisões dos dirigentes europeus, asiáticos e americanos irão modificar consideravelmente o mercado mundial da energia e a biomassa vai assumir um papel muito importante nesse cenário. A biomassa florestal será reconhecida como fonte confiável de energia, caso encontre quantidade disponível e suficiente para construir um mercado em longo prazo e com preço acessível e competitivo em relação a outras fontes renováveis de energia (WYNN, 2011).

2.2.1 Biomassa Florestal

A biomassa florestal é considerada uma energia renovável que aproveita indiretamente a energia solar. A energia solar é estocada pelas plantas na forma de carboidratos, por meio dos processos bioquímicos da fotossíntese (NARODOSLAWSKY, 2010). Estes carboidratos podem ser transformados em combustíveis sólidos, líquidos e gasosos que, por sua vez, serão queimados para produzir outros tipos de energia, entre estas, a energia elétrica (GOLDEMBERG, 2009).

A biomassa florestal é considerada uma energia limpa, porque o dióxido de carbono liberado na atmosfera durante a combustão foi capturado anteriormente pelas árvores no processo de fotossíntese. Assim, o saldo de carbono dessa energia é favorável, caso a floresta tenha uma gestão sustentável, protegendo o estoque de carbono no solo e utilizando o mínimo possível de fertilizantes e de energia fóssil durante os tratamentos silviculturais e a exploração (FRIED, 2013).

Não são todas as biomassas que possuem um saldo de carbono tão favorável, como é o caso de alguns biocombustíveis líquidos, como o etanol feito de milho, que é uma energia que não reduz significativamente as emissões de gases de efeito estufa, por causa do petróleo usado para o cultivo e a produção dos fertilizantes. A viabilidade energética e ecológica deve ser estimada para poder afirmar se um biocombustível é ecologicamente sustentável e em qual proporção ele economiza emissões de GEE (HANSEN et al., 2010).

Uso passado e atual, a biomassa sempre foi uma importante fonte de energia. Até poucas gerações atrás, a lenha foi, mesmo em países desenvolvidos, a

principal fonte de energia na vida cotidiana, sendo utilizada para cozinhar e aquecer as residências (HALL et al., 2010). Na verdade, a lenha ainda é um recurso imprescindível para muitas populações em regiões subdesenvolvidas ao redor do mundo. A *Food and Agriculture Organization* (FAO) estima que 2 bilhões de pessoas dependem da madeira, na forma de lenha ou de carvão vegetal, para a sua sobrevivência (LAMERS et al., 2012).

Lauri et al. (2014) acreditam que o consumo da biomassa possa aumentar significativamente e estimam que a biomassa florestal possa suprir até 18% das necessidades de energia primária no mundo em 2015. Entretanto, um dos desafios será reduzir ou controlar o custo de transporte desse material, tanto da matéria-prima até a fábrica, quanto para o consumidor final.

Um total de 4 bilhões de m³ de madeira são consumidos anualmente no mundo, cerca de 55% são utilizados na forma de lenha ou de carvão, diretamente como fonte de energia para o cozimento dos alimentos ou aquecimento de residências, principalmente nos países em desenvolvimento. Infelizmente, a eficiência energética dessa forma de uso da biomassa é muito baixa e com muita perda de calor não aproveitado. O consumo anual total mundial de biomassa foi estimado a 55 Exajoule (EJ) (Figura 1), o que representa 10,2% de toda a energia primária consumida no mundo (MURRAY, 2011).

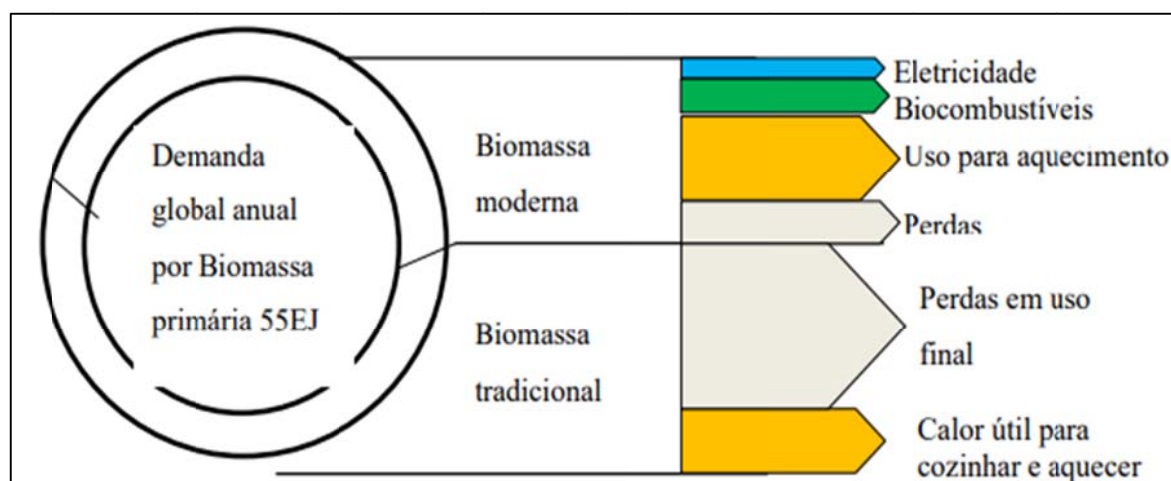


Figura 1 – Potencial de uso da biomassa moderna comparado à tradicional, agregando valor e vantagens à utilização do *pellet*.
Fonte: Nunes (2016).

2.3 O *pellet* como biocombustível

O *pellet* de madeira é um combustível sólido, granulado, produzido a partir de serragem de madeira, apresentando um alto poder calorífico quando comparado à biomassa florestal *in natura*. Considerado uma fonte de energia renovável, limpa e eficiente, resultando em um combustível sólido a partir de biomassa florestal e de resíduos gerados no processamento da madeira, o que permite uma combustão com pouca fumaça, liberando menos monóxido e dióxido de carbono do que qualquer combustível fóssil, podendo ter uso industrial ou residencial (CARVALHO, 2011).

As características técnicas e térmicas dos *pellets* permitem usá-los como qualquer combustível. Possui um baixo teor de umidade, uma densidade energética por volume relativamente elevada, associada a um alto poder calorífico, sendo este cerca de 17 Megajoule (MJ) kg⁻¹. O manuseio deste biocombustível sólido é relativamente fácil, graças a sua boa fluidez e sua boa resistência aos choques. O conjunto desses fatores facilita seu transporte, quer seja em pequenas quantidades, quer seja a granel, por caminhão ou navio, sem que suas propriedades sejam afetadas (OLIVEIRA, 2015).

Nos últimos anos, a tecnologia de produção de *pellets* se aperfeiçoou, permitindo o aproveitamento de várias partes da biomassa florestal. A produtividade das fábricas aumentou gerando menor custo de produção em escala, tornando-se competitivo frente às outras fontes de energia (RANTA et al., 2013). A tecnologia se aperfeiçoou também nos sistemas de combustão, tanto residenciais como coletivas ou industriais, permitindo uma alta eficiência energética, superior a 90%, com uma gestão mais flexível no dia a dia e com uma produção limitada de cinzas e poluentes. A normalização da produção se concretizou com a adoção de normas internacionais. A certificação de qualidade deste biocombustível sólido foi então possível, dando garantia ao consumidor em nível de energia, conforto e praticidade (OLIVEIRA, 2017).

Embora os biocombustíveis sólidos, particularmente os *pellets*, não sejam ainda negociados de forma significativa no mercado internacional, no mesmo patamar que os biocombustíveis líquidos, espera-se que seja a próxima *commodity* global negociada com maior sucesso. Os volumes negociados vêm crescendo para satisfazer a demanda de combustível de usinas termoeletricas, que foram transformadas para gerar energia graças à co-combustão, que mistura os *pellets* ao carvão ou mesmo, exclusivamente a partir dos biocombustíveis sólidos. Segundo a Associação Brasileira de Indústria de *Pellet* (ABIPEL), o Brasil conta em 2015 com

quinze indústrias de *pellets* de madeira, que totalizavam uma produção anual de apenas 80.000 toneladas por ano, usando somente um terço das suas capacidades instaladas que é de 250.000 ton/ano (ABIPEL, 2015).

Gentil (2008) estimou que o Brasil produzia anualmente 14 milhões de toneladas de descartes madeireiros (com 30% de umidade em base úmida). Parte dessa biomassa poderia ser aproveitada e transformada em *pellets* para participar da matriz energética nacional, e também ser exportada para o mercado internacional de biomassa sólida, desde que fosse possível produzir um material de qualidade que respeitasse as exigências dos consumidores. O Brasil, país importante na produção mundial de papel e celulose e na produção de painéis aglomerados a base de madeira, tem uma cadeia produtiva já organizada para a exportação de produtos transformados e sofisticados. Em 2012, a exportação no setor foi de 7,5 bilhões de dólares (ABRAF, 2013). De lá para cá o Brasil vem crescendo cerca de 7% ao ano, tornando-se um setor em constante crescimento (BR PELLETS, 2018).

O Brasil se destaca também no uso da biomassa florestal em grande escala graças a plantações energéticas de eucalipto selecionado. A lenha é transformada quer seja diretamente em energia nos processos de várias usinas, especialmente de produtos alimentícios, quer seja em carvão vegetal para ser utilizado nos fornos das indústrias siderúrgicas para a produção de aço. No entanto, o Brasil é ausente no mercado internacional de *pellets*. A peletização da madeira permite que o seu armazenamento possa ser realizados por longos períodos sem perda de matéria seca e sem alteração significativa de sua eficiência térmica (AHN et al., 2014).

2.4 *Pellets* versus outras fontes de energia

O aumento significativo da demanda por *pellet* não seria possível não fosse a sua boa competitividade frente às outras formas de energia disponíveis no mercado. Na Tabela 1 é possível observar a economia anual obtida em uma casa no Canadá, utilizando o *pellet* para o sistema de calefação. O uso do *pellet* pode, assim, gerar uma economia de mais de 55% do orçamento anual (RESOMASS, 2013).

Tabela 1 – Consumo anual em dólares canadenses de uma residência com diferentes fontes de energia.

Combustível	Consumo equivalente para 75.000 kWh	Preço de referência	Custo anual relativo
-------------	--	---------------------	-------------------------

Óleo de petróleo (litro)	9.375	1,00	9375
Propano (litro)	12.960	0,61	7741
Eletricidade (kWh)	75.000	0,85	6375
<i>Pellets</i> (tonelada métrica)	18	230	4140

Fonte: Adaptado de Resomass (2013).

A taxa de crescimento anual médio (TCAM) do preço dos *pellets* foi estimada, entre 2010 e 2015, em 3,7% na França, 2,6% na Bélgica, enquanto para o gás foi de 5%, para o gás propano líquido, de 4,6% e para o óleo combustível, de 6,9% (PINEL, 2013).

Kranzl et al. (2009) demonstraram que os preços das commodities de bioenergia são menos voláteis do que os combustíveis fósseis. Assim, uma matriz energética diversificada contribui para uma maior segurança no custo da energia no longo prazo. Na Figura 2 é mostrada a evolução estável no preço da energia dos *pellets*, de 2007 a 2015, na França, comparada às oscilações frequentes dos preços de outras energias.

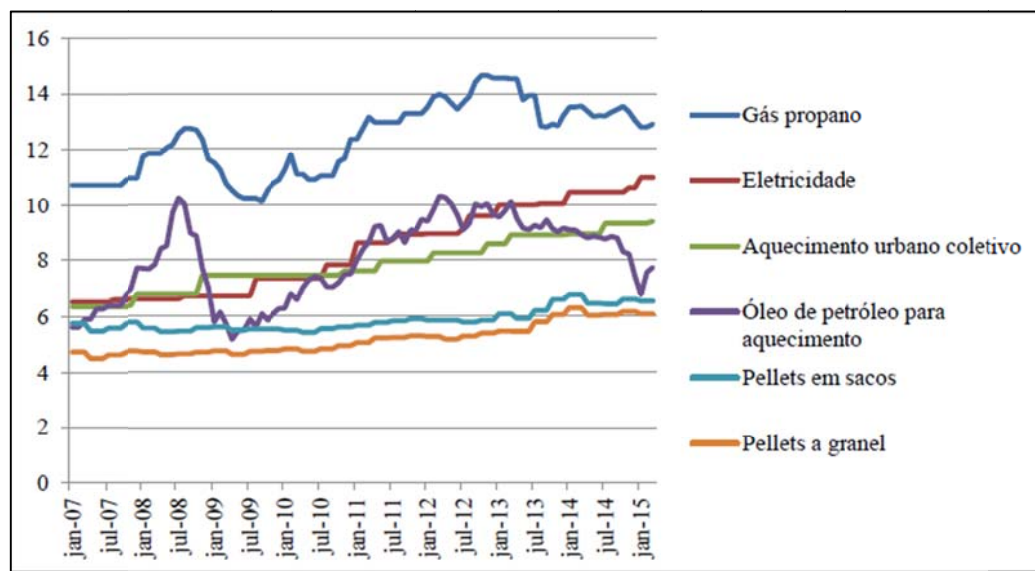


Figura 2 – Evolução comparativa do custo de diferentes energias na França, em Euros/100 kWh PCI, para uso em aquecimento residencial.

Fonte: Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie (2015).

Não obstante, o fato de o *pellet* ser um biocombustível com alta densidade energética e com características padronizadas e normatizadas, permitindo um comércio internacional mais intenso, acaba dando mais volatilidade aos seus preços.

Assim, constata-se uma volatilidade crescente, comparada à dos produtos com mercado menos formal, como no caso da lenha em regiões rurais que apresentam uma grande estabilidade do seu preço ao longo dos anos. Esse risco maior de volatilidade para os *pellets* pode ser amenizado pela negociação de contratos de fornecimento em longo prazo de biomassa (KRANZL, 2009).

Kristöfel et al. (2014) demonstraram que, embora a volatilidade do preço de algumas biomassas lenhosas tenha aumentado na Áustria. Esta fica ainda abaixo da volatilidade dos biocombustíveis de origem agrícola e dos combustíveis fósseis. Conseqüentemente, os donos de casa que precisam investir num sistema de aquecimento podem confiar numa melhor estabilidade dos preços, em longo prazo, da lenha e dos *pellets* que do óleo combustível. Os proprietários florestais podem também planejar com melhor segurança a extração de madeira nas suas florestas em longo prazo e, conseqüentemente, os investimentos, sabendo que a biomassa florestal contribui para gerar recursos estáveis.

2.4.1 Competição do *pellet* e da biomassa florestal com outros usos da madeira

O custo de produção do *pellet* é, normalmente, baixo porque sua produção é baseada no reaproveitamento de uma matéria-prima de baixo custo, feita de subprodutos que antes eram abandonados por serrarias e outras indústrias madeireiras. Porém, com o aumento contínuo dessa demanda, vê-se, hoje, em vários países, como Canadá e Itália, a dificuldade para encontrar matéria-prima suficiente para abastecer o mercado. Surge, então, a questão para utilizar outras fontes de matéria-prima, com custo mais elevado, o que afetará o preço final do *pellet* ao consumidor (RANTA et al., 2013).

Moiseyev et al. (2013) analisaram o risco de competição entre as necessidades de abastecimento das indústrias de painéis de madeira (compensado, OSB e MDF) e de celulose frente a uma demanda crescente da biomassa florestal para fins energéticos. Essas indústrias estavam acostumadas a comprar uma matéria-prima de baixo custo, geralmente subprodutos da indústria de serragem, ou diretamente das florestas, como pequenas árvores provindas dos desbastes das plantações de coníferas ou talhadas de folhosas, com pouca utilidade para usos nobres. O aumento da demanda de madeira para energia representa uma ameaça para essas indústrias cujo custo da matéria-prima vai aumentar.

Em Santa Catarina e no Paraná, no sul do Brasil, Serrano (2009) reporta que essa competição já é percebida. Os donos das indústrias madeireiras entenderam que esses subprodutos não são mais descartáveis e, sim, coprodutos com seus próprios valores de mercado, e que esses subprodutos contribuem para a rentabilidade de seus negócios.

2.4.2 Possibilidades de evoluções futuras

Uma das evoluções na utilização de *pellets* poderá ser a torrefação (PIRRAGLIA et al., 2012). A torrefação é um processo termoquímico lento que dura de 30 a 90 minutos, em atmosfera inerte e temperatura variando entre 200 °C e 300 °C. A torrefação provoca a volatilização da hemicelulose e assim muda as propriedades da biomassa, tornando-a hidrofóbica e mais leve porque toda a umidade se evapora, o que é importante para o transporte. A fração incluindo as matérias voláteis e a hemicelulose é queimada para gerar o calor necessário durante o processo de torrefação. A madeira torrificada é constituída da fração restante, composta de celulose e lignina. Dependendo do tempo de permanência no torrefador, o rendimento de madeira torrificada pode ser alto, variando de 66% até 75% (SKLAR, 2009).

Assim, o *pellet* de biomassa torrificada sendo mais denso energeticamente, 1,3 vezes, faz com que o custo de transporte da sua unidade energética diminua. Isso é importante visto que sua competitividade é sensível ao custo do transporte. Por exemplo, no caso do Canadá, o custo em 2007, do conjunto, englobando o transporte local, o armazenamento e a expedição até o porto de Rotterdam, foi de 3,2 € GJ⁻¹, enquanto o preço dos *pellets* pago ao produtor foi de 5,4 € GJ⁻¹ (HEINIMÖ et al, 2009).

Além de uma maior densidade energética, mais próxima à daquela do carvão mineral, 20-23 GJ por tonelada, a torrefação produz um *pellet* hidrofóbico com maior densidade a granel e com nenhum risco de degradação biológica. Os *pellets* de madeira torrificada apresentam qualidades técnicas idênticas às do carvão no processo de trituração/pulverização, que fazem dele um substituto ideal na combustão em usinas termoeletricas. Por isso, a produção de *pellets* de madeira torrificada se torna objeto de pesquisas e de investimentos importantes, na esperança de substituir o carvão na produção de energia elétrica. Outra aplicação promissora foi identificada na possibilidade de utilizá-los com êxito no processo de

gaseificação em plantas com alimentação a base de biomassa seca em leito fluidizado (LIU et al., 2011).

A torrefação pode ser realizada antes ou depois da peletização da biomassa. Quando realizada antes da peletização, a biomassa resultante, que perdeu água e grande proporção dos seus produtos voláteis, torna-se seca, quebradiça e com cor mais escura. A biomassa assim torrificada é mais fácil para moer, o que reduz de 70% a 90% o consumo de energia durante essa fase no processo de peletização. Por outro lado, outros estudos parecem mostrar que a energia necessária no momento da prensagem das partículas de biomassa torrificada aumenta e a durabilidade dos *pellets* produzidos parece diminuir (SHANG et al, 2012).

Outra forma de torrefação, que é estudada ainda de maneira experimental, é realizada na fase final sobre o *pellet* já produzido, e não na fase inicial, antes que a biomassa seja introduzida na peletizadora. Essa torrefação seria feita de uma maneira extremamente rápida, para não afetar sua durabilidade, permitindo aumentar sua densidade energética graças a um teor de umidade próximo a zero (MOBINI et al., 2014).

Outra possibilidade de valorização é transformar os *pellets* pela pirólise, um processo de decomposição térmica em um ambiente pobre em oxigênio que permite usar até 80% da energia contida na biomassa, com perda de somente 50% do carbono que fica no resíduo, evitando, assim, a emissão de gás carbônico (CO₂) na atmosfera. O resíduo produzido é um carvão conhecido por “biochar”. Além do biochar e do calor que torna o processo de pirólise autossuficiente, a pirólise produz uma fase gasosa que pode ser reaproveitada para produzir energia, e um líquido chamado bio-óleo, que tem múltiplas aplicações, semelhante aos produtos da petroquímica (MELO et al., 2013).

O biochar pode ser reciclado como excelente fertilizante agrícola, graças ao seu alto teor de carbono que tem ação positiva nas qualidades estruturais dos solos. O processo de pirólise pode levar a um extenso uso energético das biomassas agrícolas, cuja queima direta ou na forma de *pellets* produz quantidade excessiva de cinzas e fumaça. O saldo de carbono da pirólise das biomassas é negativo porque o carbono fica preso no biochar e, quando é reciclado pela agricultura, pode ficar estocado por várias décadas no solo (PÉREZ et al., 2011).

2.5 Normatizações e Especificações Técnicas

A conexão de mercados do mundo contemporâneo faz com que o uso de medidas que avaliem e garantam conformidade seja tão ou mais essencial que os próprios padrões. A certificação é o instrumento formal que atribui ao produto as especificações de qualidade pré-estabelecidas, fazendo parte de um amplo leque de medidas que inclui processos de amostragem, teste, apreciação e garantia de conformidade, assim como registro, credenciamento, aprovação e respectivos ajustes (RASGA, 2013).

A certificação nada mais é do que a avaliação de um determinado processo, sistema ou produto, segundo normas e critérios que visam a oferecer o cumprimento dos requisitos, conferindo ao final um certificado com o direito de uso de uma marca de conformidade associada ao produto ou imagem institucional, se os requisitos estiverem plenamente atendidos.

De acordo com a ABRAF (2012), a certificação visa assegurar, entre outras, a presença de atributos intrínsecos, de difícil percepção, conferindo maior segurança ao consumidor. O certificado é o que garante que aquele produto possui tais atributos intrínsecos, que foi produzido de acordo com determinados padrões, ou ainda, que é proveniente de um determinado lugar.

O *pellet* de madeira é classificado como um combustível sólido, granulado, como apresentado na Figura 3, derivado de serragem de madeira previamente seca e submetida à alta pressão, o que fornece ao *pellet* duas das suas principais características: alta densidade; e resistência ao impacto. De maneira geral, os *pellets* de madeira devem apresentar um diâmetro de 6 a 8 mm, com comprimento de 10 a 40 mm. A densidade do *pellet* de boa qualidade varia de 600 a 750 kg/m³, com um conteúdo de água de 5 a 8% de sua massa (FRANCISCO, 2017).



Figura 3 – *Pellets* de madeira.
Fonte: Garcia (2010)

As características químicas e físicas são critérios básicos para se avaliar a qualidade dos biocombustíveis. O primeiro grupo inclui critérios como a concentração de certos elementos (nitrogênio (N), enxofre (S), cloro (Cl), arsênio (As), cádmio (Cd), cromo (Cr), chumbo (Pb), cobre (Cu), mercúrio (Hg), níquel (Ni), zinco (Zn), entre outros), o teor de cinzas e de umidade, e o poder calorífico. As características físicas descrevem os parâmetros visuais e o tipo de processamento (peletização) da biomassa (CARVALHO, 2011).

A qualidade dos *pellets* não pode ser definida sem a referência tecnológica do sistema de aquecimento a ser utilizado, porque depende de várias características. A durabilidade dos *pellets* de madeira e a quantidade de finos presentes são menos importantes quando do seu uso em grandes queimadores, ao passo que, para empregá-los em alguns fornos menores, os *pellets* devem ser extremamente duráveis de modo que não produzam muito pó nos silos de armazenamento e não causem problemas técnicos nas unidades de alimentação e de combustão (MALISIUS et al., 2000).

2.5.1 Padrões de Qualidade

Há algum tempo, na Europa, poucos países possuíam normas específicas para os biocombustíveis sólidos, com exceção da Áustria, Suécia e Alemanha, que dispunham de normas internas. A falta de padrões de qualidade resultou em uma série de problemas, principalmente aos consumidores, devido à variação de características dos pellets de país para país (COUTO et al., 2012).

Sabendo-se dos problemas relacionados à qualidade do produto, em 2010 foi criada a primeira norma europeia de certificação de biocombustíveis sólidos, com uma parte exclusiva para os *pellets*, a EN14961: 2010: Biocombustível Sólido – Especificações e Classes do Combustível, Parte 2 – *Pellets* de madeira para uso não industrial. Também foi criado o Concelho Europeu de *Pellets* (EPC – *European Pellet Council*), com o objetivo de promover a utilização dos *pellets* e implementar um sistema europeu de certificação de *Pellets ENplus* (EPC, 2013).

A EN 14961-2: 2010 determina especificações e classes de qualidade de *pellets* de material lenhoso para utilização não industrial e fornece princípios de classificação claros para estes *pellets*. Esta norma é dividida em três classes, denominadas A1, A2 e B, e admitem *pellets* produzidos a partir de povoamentos florestais e outras madeiras virgens, subprodutos e resíduos da indústria madeireira e madeira usada. Nas classes A1 e A2 a matéria-prima pode englobar toda a madeira virgem ou resíduos de madeira sem tratamento-químico, sendo que para a classe A1 essa matéria tem de possuir baixos teores de cinza, nitrogênio e cloro. Por sua vez, a classe B também inclui produtos lenhosos com tratamento químico ou em fim de vida (RYCKMANS, 2012).

O selo *ENplus* é uma garantia de qualidade e transparência desde a produção dos *pellets* até a sua entrega ao cliente final. Este modelo de certificação é baseado na norma EN 14961-2, mas não permite a inclusão de produtos lenhosos com tratamento químico ou em fim de vida e introduz o comportamento de fusão de cinzas como um parâmetro de caracterização obrigatório. Este modelo de certificação também abrange três classes de qualidade, denominadas ENplus A1, ENplus A2 e EN B, como se pode observar na Figura 4 (EPC, 2013).



Figura 4 – Selos de certificação.

Fonte: EPC (2013).

Poucas são as entidades não governamentais encontradas que visam a união dos produtores de *pellets* no Brasil. As entidades de maior representatividade são a Associação Brasileira de Produtores de *Pellets* de Madeira (ABPPM), fundada em 2008, que, a partir de dezembro de 2010, passou a se chamar Associação Brasileira das Indústrias de *Pellets* (ABIPEL). A Associação Brasileira das Indústrias de Biomassa e Energia Renovável (ABIB), criada em abril de 2009, por iniciativa de um empresário e consultor, e a Rede Nacional de Biomassa para Energia (ABIB, 2012).

O objetivo principal da ABPPM é a promoção e o gerenciamento de programas de pesquisa e desenvolvimento tecnológico em energia a partir de biomassa, visando o aperfeiçoamento de processos industriais, a interatividade entre instituições governamentais e setor privado, a pesquisa e o ensino, melhorando a competitividade do setor energético e da indústria (RYCKMANS, 2012).

2.5.2 Características Técnicas

Os *pellets* devem possuir as características técnicas impostas pela certificação em vigor, de forma a poderem ser comercializados internacionalmente e sem problemas de incompatibilidade na utilização nos equipamentos de combustão. As suas principais características relacionam-se com a dimensão do produto, a sua densidade, as suas propriedades químicas e os parâmetros mais relevantes durante a sua queima, tais como o poder calorífico, o teor de umidade e o teor de cinzas (EPC, 2013). Na Tabela 2 estão demonstradas as principais características do *pellet* impostas pela certificação para as três classes de qualidade.

Tabela 2 – Principais características do *pellet* impostas pela certificação para as três classes de qualidade.

		A1	Classe de qualidade A2	B
Teor de umidade	%	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Teor de cinzas	%	≤ 0,7	≤ 1,5	≤ 3,0
Densidade aparente	kg/m ³	≥ 600	≥ 600	≥ 600
Durabilidade mecânica	%	≥ 97,5	≥ 97,5	≥ 96,5
Poder calorífico	%	19,5 a 19	16,3 a 19	16 a 19
Finos	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Enxofre	%	≤ 0,03	≤ 0,03	≤ 0,04
Azoto	mg/kg	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1

Cloro	mg/kg	≤ 0,02	≤ 0,02	≤ 0,03
Arsênio	mg/kg	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Cádmio	mg/kg	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5
Cromo	mg/kg	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Cobre	mg/kg	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Chumbo	mg/kg	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Mercúrio	mg/kg	≤ 0,05	≤ 0,05	≤ 0,05
Níquel	mg/kg	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Zinco	mg/kg	≤ 100	≤ 100	≤ 100

Fonte: Adaptado de Ryckmans (2012).

2.6 Tecnologias e processos de produção e transporte

2.6.1 Produção de *pellets*

A utilização dos resíduos como fonte de energia, por meio de sua densificação, compactação ou aglomeração, proporciona uma série de vantagens, quando comparada a sua utilização em estado natural, principalmente no tocante ao armazenamento, manuseio aumenta de densidade e poder calorífico (ESCOBAR; COELHO, 2014). A taxa de combustão é pouco menor que a do carvão, sendo que a combustão é mais uniforme, com menor emissão de partículas e maior inflamabilidade.

Pellets de madeira são biocombustíveis sólidos que podem ser produzidos a partir de resíduos da indústria madeireira como a serragem e a maravalha de madeira. São compactados e densos e com baixo teor de umidade, de 8 a 10%, permitindo elevada eficiência na combustão. Sua geometria regular e cilíndrica permite boa fluidez, comportando-se como se fosse líquido, o que facilita a automatização dos processos de alimentação e queima do produto. Além disso, é um produto natural de fácil manuseio, ocupa pouco espaço na estocagem e tem elevada densidade energética (GARCIA et al., 2013).

Para todo processo de produção industrial, o controle do custo de produção do *pellet* é de uma extrema importância para a competitividade do biocombustível tanto no mercado interno frente aos concorrentes e as outras energias, como no mercado externo. Na produção de *pellets* e briquetes, a qualidade do produto (higroscopicidade, friabilidade, entre outros) é influenciada pelo tipo de matéria-

prima utilizada e pelas condições de armazenamento (YAMAJI et al., 2010). A elevada densidade energética dos *pellets* permite que os sistemas de aquecimento obtenham autonomia equivalente à dos sistemas a óleo de fontes de energia fóssil, de forma que 3,5 m³ de *pellets* de madeira substituem 1 m³ de óleo combustível. Se fosse utilizada a madeira em sua forma bruta, com 50% de teor de umidade, seriam necessários 7 m³ (VIDAL; HORA, 2011).

A densificação da biomassa tornou-se comercial em larga escala na segunda metade do século passado, e foi usada para melhorar as propriedades da biomassa tanto para a produção de energia, tanto quanto para ração (STELTE, 2011). Nesse sentido, a peletização apresenta-se como uma alternativa tecnológica para solução para o problema baixa densidade e falta de uniformidade da biomassa, na medida em que o processo consiste na concentração de energia por meio da prensagem de resíduos, gerados nas indústrias madeireiras, na exploração florestal e agrícola e na agroindústria (COUTO et al., 2004). O processo hoje se encontra em estágio bastante avançado.

Como se verifica na Figura 5, antes de o produto chegar ao armazenamento e transporte são necessárias etapas. Para que seja possível a fabricação de *pellets*, é necessária, primeiramente a obtenção da matéria-prima que esteja dentro dos padrões. Em seguida, é realizada a uniformização das partículas, preferencialmente com diâmetro máximo inferior a 5,0 mm, para obtenção de um produto de qualidade. A biomassa passa ainda pela secagem, pelo moinho, onde a matéria fica pronta para se transformar em granulados com diâmetro de 6 a 8 mm, com comprimento de 10 a 40 mm, seguindo o controle de qualidade, como visto anteriormente. Após esse processo, o produto é resfriado e peneirados, e caso o produto seja comercializado a granel este pode ser armazenado diretamente ou ensacado em embalagens que variam de 2 kg a uma tonelada.

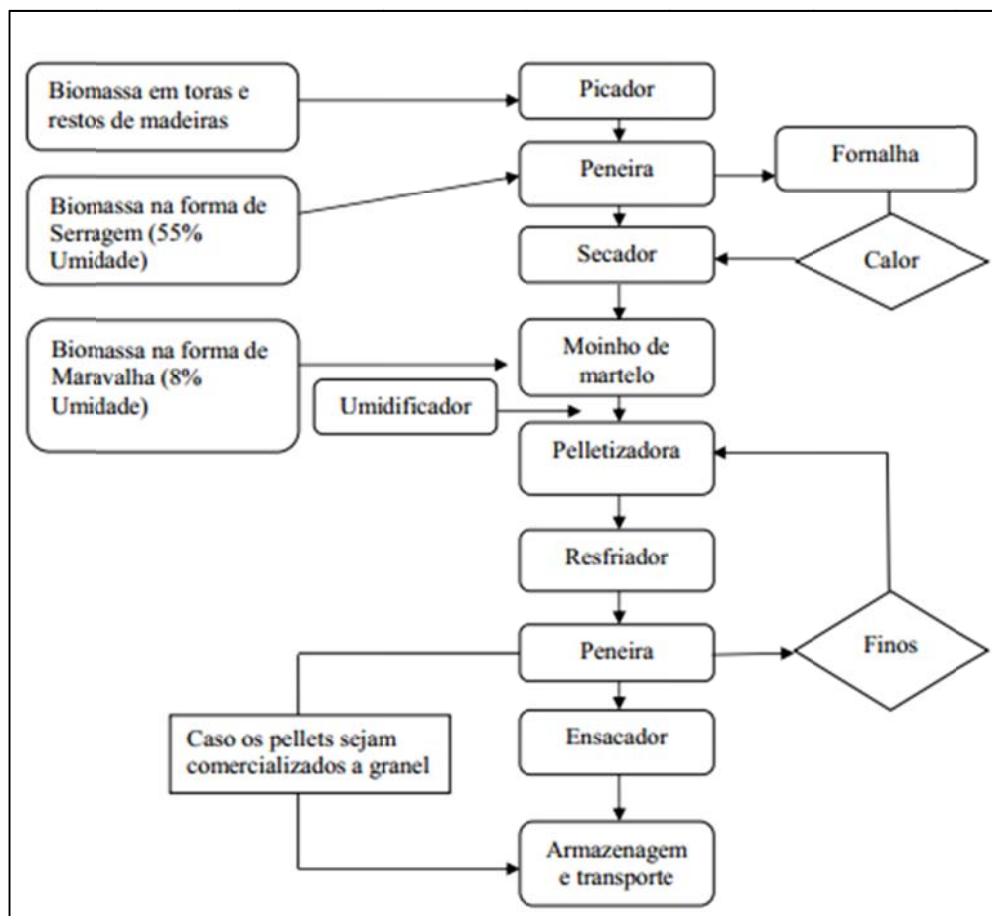


Figura 5 – Etapas do processo de peletização.
Fonte: Brasil (2016).

Devido à característica do material não ser uniforme e a maioria de grandes dimensões (acima de 1 metro de comprimento), é necessário iniciar por um sistema de picagem dos resíduos, deixando-o com dimensões menores que 10 cm para continuar o processo e ser encaminhado para moagem em um moinho martelo. O picador é composto por uma moega um motor (Figura 6).



Figura 6 – Máquina de moagem-desfibramento para a fabricação de *pellets* de madeira.

Fonte: Hammer Mill (2018).

Em seguida, é realizada a secagem da matéria-prima para a remoção da umidade do material, a teores entre 8 a 12%. O sistema de secagem da biomassa poderá ser feito por um secador rotativo, composto dos seguintes componentes: moega, transportador helicoidal; moega de entrada do secador; transportador helicoidal horizontal; cilindro do secador.

A secagem ocorre com o ar do cilindro sendo aquecido por meio da queima de biomassa em uma câmara de combustão logo abaixo do mesmo. Utilizando-se um sistema de pás, juntamente com a rotação do cilindro, o produto é revolvido continuamente proporcionando uma secagem uniforme, ao mesmo tempo em que realiza o transporte do produto até o registro de saída. Outro transportador, tipo chupim, fará a coleta e a levará diretamente ao silo pulmão para alimentação da matriz peletizadora. Na Figura 7 é apresentada a foto de um secador rotativo de biomassa.



Figura 7 – Secador rotativo de biomassa para a produção de *pellets*.
Fonte: Lippel (2018).

Em seguida, é realizada a peletização, que é a compactação por extrusão por meio de uma peletizadora, utilizando pressão em torno de 300 MPa (megapascal) e temperatura aproximada de 120 °C. O processo de fabricação consiste em um rolo e uma matriz. A pressão exercida entre os componentes causa uma força de fricção que aquece e força o material através de uma das perfurações da matriz (COUTO et al., 2004).

Na Figura 8 é mostrado como é feita a peletização a partir dos esquemas apresentados.

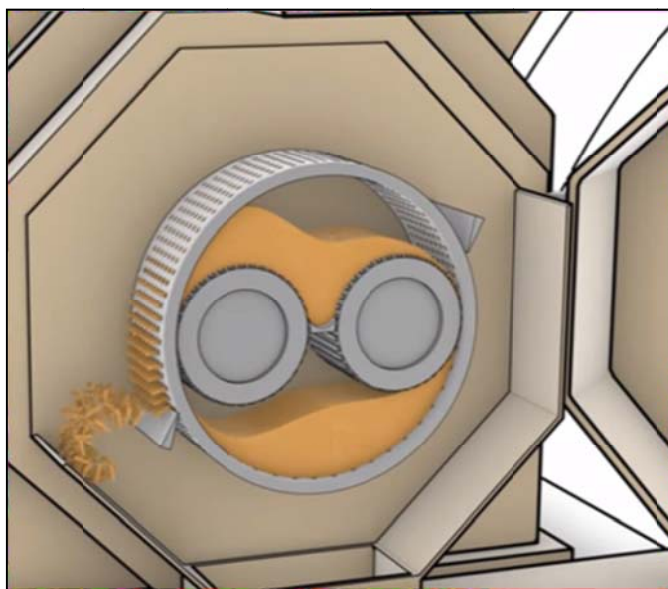


Figura 8 – Esquema de peletização.
Fonte: Aviz (2016).

Após o processo de peletização é necessário realizar o resfriamento do produto, promovendo a estabilização da lignina, após esse processo que foi feito em alta temperatura. Na Figura 9 é demonstrado como é a unidade de resfriamento.

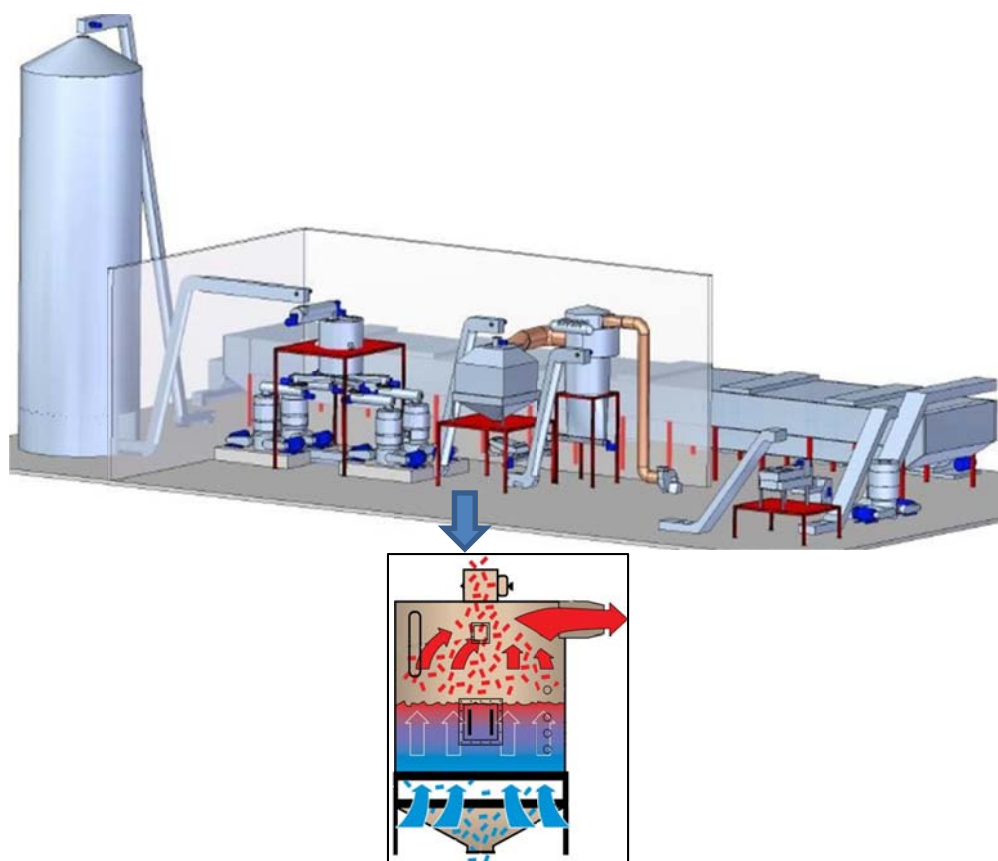


Figura 9 – Unidade de resfriamento.
Fonte: BR Pellets (2018).

A partir daí o produto é direcionado para o processo final, que é o empacotamento. Utilizam-se sacos plásticos de 5 a 50 kg, que são depositados em fardos industriais de 500 a 1000 kg, ou até em caminhões tanques (a granel) para o transporte.



Figura 10 – Embalagem de *pellets* em big-bags.
Fonte: COSTRUZIONI NAZZARENO, 2015.

Outra forma de serem embalados é automaticamente em big-bags com capacidade para 1.000 kg (Figura 10), por meio do silo dosador. Embalado, o produto é acondicionado no estoque da fábrica até a expedição.

2.7 Mercado

Uma análise da produção global de resíduos da indústria madeireira mostrou o Brasil como um dos cinco países (ao lado dos Estados Unidos, Canadá, China e Rússia) com grande potencial de crescimento na produção de biocombustível a partir dos subprodutos gerados nas empresas de base florestal (DOLZAN et al., 2006).

A demanda mundial por *pellets* tem crescido exponencialmente, pois são menos poluentes que os derivados do petróleo e têm sido utilizados por países que precisam reduzir suas emissões de gases do efeito estufa, para, assim, atender os acordos firmados na Conferência do Clima (COP21), que ocorreu na França, em 2015 (GARCIA, 2017).

Países como Alemanha, que não conseguiram até então atingir as metas de redução nas emissões de carbono segundo o Protocolo de Quioto, estão importando *pellets* do Canadá e de outros países para substituição de carvão em suas termoelétricas, em média 18 milhões de toneladas de *pellets* por ano, com perspectivas de crescimento, desde que haja oferta (ESCOBAR; COELHO, 2014).

As previsões otimistas do consumo mundial de *pellets* já refletiram na indústria brasileira, que aumentou em mais de 80% a produção no último ano (GARCIA, 2017).

O valor de venda de *pellets* produzidos no Brasil tem oscilado tanto no mercado interno quanto para a exportação. Os preços de venda desses biocombustíveis variaram de R\$480,00 a R\$600,00 por tonelada, em 2014, no mercado brasileiro. Tanto na produção de briquetes quanto em *pellets*, o alto custo e a pequena escala de produção são desafios a serem superados (PEREIRA et al., 2015; GARCIA, 2014).

O valor médio da tonelada do *pellet* brasileiro exportado no ano de 2017 foi de R\$ 650,00 (BRASIL, 2017). No ano de 2015 havia no Brasil apenas 13 indústrias de *pellets* em atividade. Estas produziram juntas 75 mil toneladas do produto, sendo que a capacidade era de 200.750 t. Na Tabela 3 é apresentada a relação de

indústria de *pellets* existentes do Brasil, em 2015, sua produção e capacidade. Por meios dos dados pode se observar que não há no estado de Mato Grosso nenhuma indústria de *pellets*, sendo que a maioria das empresas se encontram nos estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina.

Tabela 3– Indústrias de *Pellets* no Brasil

Nº	Indústria	Cidade	Capacidade e (t/ano)	Produc.	Biomass	Ano	Situação
1	Briquepar	Telêmaco Borba/PR	7.000	4.800	pinus	2004	Func.
2	PelletzBraz	Porto Feliz/SP	12.000	4.800	pinus	2004	Func.
3	Energia Futura	Benedito Novo/SC	9.000	4.800	pinus	2007	Func.
4	BR Biomassa	Maringá/PR	22.500	0	pinus	2008	Parada
5	Ecopel	Itajú/SP	22.500	0	pinus	2008	Parada
6	Koala Energy	Rio Negrinho/SP	60.000	30.000	pinus	2008	Func.
7	Wood Tradeland	Tunas/PR	24.000	0	pinus	2009	Parada
8	Ecoxpellets	Bandeirantes/PR	37.500	0	pinus	2010	Parada
9	Piomade	Farroupilha/SP	3.750	2.400	pinus	2010	Func.
10	Biopellets	Lins/SP	30.000	2.000		2010	Func.
11	Timber S.A.	Piên/SP	45.000	6.000	pinus	2010	Func.
12	Resisul Pellets	Itapeva/SP	3.000	2.400	pinus	2012	Func.
13	Iemol Pellets	S. João Benedito/SP	3.000	2.000	pinus	2012	Func.
14	Araupel Pellets	Queda Iguaçu/PR	6.000	5.000	pinus	2014	Func.
15	Vale Tibage	Telêmaco Borba/PR	7.000	5.000	pinus/ eucalipto	2014	Func.
16	Chamape Pellets	Vale Real/RS	3.000	1.800	pinus	2014	Func.
17	Tanac Pellets	Rio Grande/RS	80.000	0	acácia negra	2014	Projeto
18	Pellets Nordeste	Recife/PE	60.000	0	capim elefante	2015	Projeto
19	Linea Paraná	Sengés/PR	30.000	0	pinus	2015	Projeto
20	Raizen Pellets	Jaú/SP	120.000	0	bagaço de cana	2008	Parada
21	Forespel	S. José Ausente/RS	100.000	0	pinus	2015	Parada
22	Incobio Pellets	Concórdia/SC	12.000	4.000	pinus	2015	Func.
23	Cosan	Jaú/SP	175.000	0	palha/ bagaço	2015	Parada
Total			200.750	75.000			

Fonte: Adaptado de Garcia et al (2016).

Ainda, há uma ociosidade grande das indústrias no Brasil. Boa parte das indústrias utiliza equipamentos nacionais que estão em transição tecnológica da

granulação de ração animal para a granulação de biomassa, adaptando-se às características físicas e químicas da biomassa agroflorestal. Da mesma forma, os equipamentos utilizados pelos produtores de *pellets* são pequenos e a indústria brasileira tem pouca capacidade. Além disso, os altos custos com a logística do transporte da matéria-prima até a fábrica e dos *pellets* para o consumidor ou até os portos, ainda são muito altos (GARCIA et al., 2016).

Tavares e Tavares (2015) adicionaram que o custo da eletricidade no Brasil contribui para uma baixa competitividade e uma alta ociosidade da indústria brasileira de *pellets*. Mesmo com baixa eficiência, estas vêm aumentando sua produção anualmente. Na Figura 11 é possível observar o crescimento do período de 2011 a 2016, verificando-se um aumento acentuado de 2016 em relação aos outros anos.

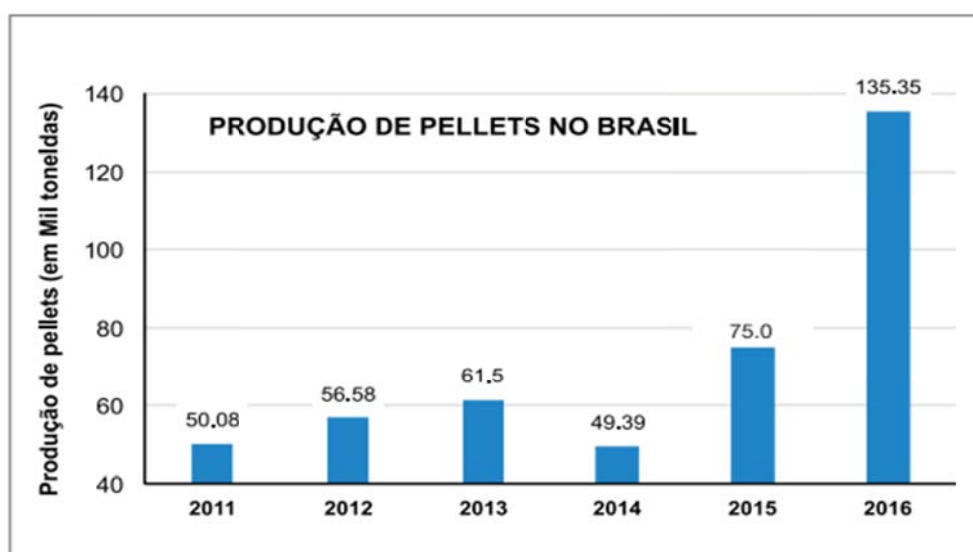


Figura 11 – Produção de *Pellets* no Brasil.
Fonte: Garcia (2017).

Assim como a produção, as exportações vêm aumentando gradativamente, dando um salto nos últimos dois anos. O Sistema de Análise de informações da Secretaria de Comércio Exterior, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, representa os dados de exportação do período entre os anos de 2012 a 2017 (Figura 12), em que se pode observar um enorme salto, principalmente nos últimos anos.

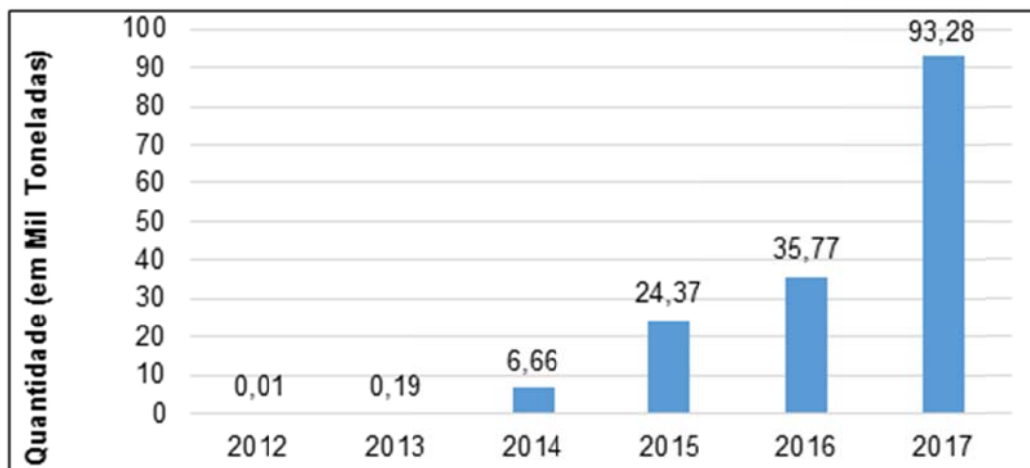


Figura 12 – Exportação de *Pellets* do Brasil.
Fonte: BRASIL (2017).

Segundo Garcia (2017), as expectativas para o consumo mundial de *pellets* de madeira são excelentes. A previsão é que o consumo continue aumentando, e que, em menos de dez anos, o mercado dobre o consumo mundial, como exposto na Figura 13.

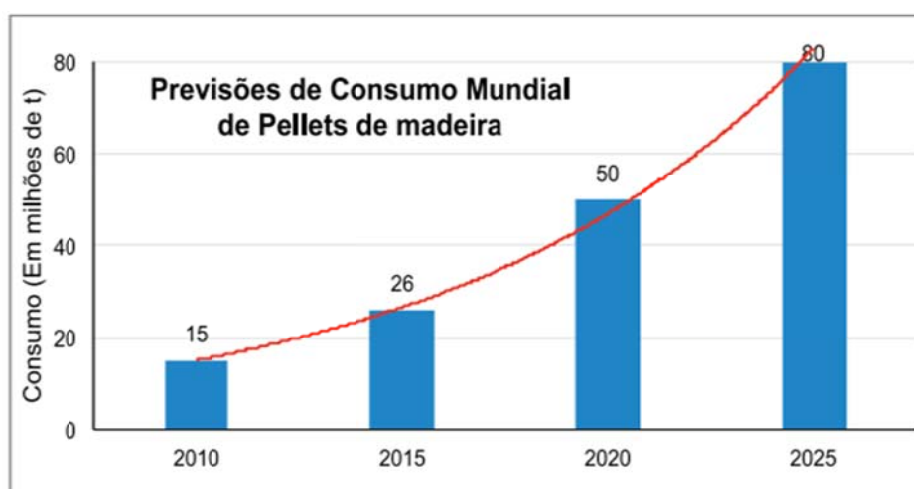


Figura 13 – Previsão do consumo mundial de *Pellets* de madeira.
Fonte: Garcia (2017).

2.8 Estado de Mato Grosso

O estado de Mato Grosso é o terceiro maior estado do Brasil em extensão territorial e uma baixa densidade demográfica, sendo o agronegócio o carro forte da sua economia. Localizado na parte ocidental da região Centro Oeste do Brasil, com uma área aproximadamente de 900 mil km², possui 141 municípios. O estado tem como limites os estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Goiás, Rondônia e Bolívia (IBGE, 2010).

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) no último censo que foi realizado no ano de 2010, o Estado de Mato Grosso possuía 3.035.122 habitantes. O clima é variável, prevalecendo o tropical super úmido de monção, com temperatura média anual de 24 °C e alta pluviosidade (2.000 mm anual), com chuvas de verão e inverno seco bem definido. O relevo apresenta grandes superfícies aplainadas, talhadas em rochas sedimentares, denominados chapadões sedimentares e planaltos cristalinos, com altitudes entre 400 e 800 m, que integram o planalto central brasileiro.

O Estado é um dos lugares com maior volume de água doce do mundo. O planalto dos Parecís que ocupa toda porção centro-norte do estado é o principal divisor de águas do estado. Este reparte as águas das três bacias mais importantes do Brasil: Bacia Amazônica, Bacia Platina e Bacia do Tocantins (CIPEM, 2017).

2.8.1 Economia

A economia de Mato Grosso desde o começo da sua colonização baseou-se no agronegócio. De acordo com o Instituto Matogrossense de Economia Agropecuária (IMEA 2014), o agronegócio (agricultura, pecuária e floresta) representa 50,5% do Produto Interno Bruto (PIB) do Estado. A indústria madeireira é quarta economia do estado de Mato Grosso, atrás da agricultura, pecuária e mineração, respectivamente, com um PIB de 57 milhões de reais por ano, sendo transportado cerca de 3,5 milhões de m³ de produtos madeireiros somente no ano de 2014. Mato Grosso possui 3,2 milhões de hectares de área sob manejo florestal e tem potencial de atingir 6 milhões de hectares nos próximos anos, sendo a base da economia de 44 municípios (CIPEM, 2017).



Figura 14 – Biomas do Brasil.
Fonte: IBGE (2014).

No estado de Mato Grosso existem três biomas: Cerrado, Pantanal e Floresta Amazônica (Figura 14). Os resíduos de madeira produzidos são provenientes de indústrias localizadas na região norte do estado, oriundos de espécies do bioma floresta amazônica (BRAND, 2009).

2.9 Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais (SISFLORA)

Para facilitar a comercialização dos produtos florestais foi criado o SISFLORA que é um *software* considerado como uma solução que oferece aos órgãos ambientais as ferramentas necessárias para assumir a gestão florestal, controlando toda sua cadeia produtiva desde a solicitação de corte ou manejo até o consumo do produto florestal, fazendo todo o controle de exploração, transporte, transformação e consumo. Até então, as Secretarias de Estado do Meio Ambiente dos Estados do Pará, Rondônia e Mato Grosso são as únicas a utilizarem esse sistema, e nos últimos quatro anos o SISFLORA controlou 87% da madeira nativa do Brasil por meio dos sistemas desses estados (SISFLORA, 2017).

O SISFLORA converte a tora de madeira em madeira serrada, sempre

gerando um percentual de resíduo. Esse percentual resíduo gerado varia de espécie pra espécie, bem como de empreendimento para empreendimento. Os valores de resíduo ficam entre 25% e 63%, sendo que 35% das indústrias madeireiras geram pó de serra, 31% costaneiras, 17% cavacos e cascas, 10% serapilheira e 7 % geram maravalha. Há serrarias que divergem seus percentuais gerando 36,17% de serragem, 25,53% de lenha, 23,40% de maravalhas e 12,77% de cavacos (12,77%).

O sistema de *software* realiza o controle dos empreendimentos cadastrados, controla o saldo, a movimentação dos produtos de seu estoque, o comércio e transporte por meio do Documento de Venda e Compra de Produtos Florestais (DVPF) e Guias Florestais (GF). Além disso, considera a transformação ou conversão das toras em madeira serrada e produtos acabados, bem como o percentual de geração de resíduo no processo de transformação.

3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada neste estudo é a quali-quantitativa, sendo que a qualitativa foi retirada de fontes primárias, baseada em levantamentos bibliográficos obtidos em plataformas confiáveis, como artigos, teses e dissertações sobre o tema.

O levantamento bibliográfico permitiu traçar um panorama do mercado nacional e internacional de *pellets*, identificar as tecnologias disponíveis para produção do produto disponíveis no país, bem como avaliar aspectos econômicos e de infraestrutura, relevantes para a produção e comercialização de *pellets* no município de Sinop e no estado de Mato Grosso.

A tecnologia e equipamentos foram pesquisados em *sites* de venda das empresas Lippel (2018), Fortex (2018), Costruzione Nazzareno (2015), Cell

Gaboardi (2018), Hammer Mill (2018), Aviz (2016) e BR *Pellets* (2018), que oferecem uma gama de produtos para a montagem de fábrica de *pellets*, tecnologias residenciais e industriais e outros segmentos, voltados para a utilização de biomassa.

Já a quantitativa, foi feita por meio de análises, envolvendo estimativas de custos, tanto para a implantação da fábrica bem como para seu funcionamento e retorno.

Foi confeccionado um mapa com o auxílio do *software* ArcGis, utilizando os dados da SEMA/MT, para a localização e quantificação dos resíduos produzidos nos municípios dentro do estado de Mato Grosso e do município de Sinop. Também foram utilizadas as informações, extraídas do SEMA (2018), para quantificar os dez municípios com maior produção de resíduo madeireiro em 2006-2017 e de 2015 a 2017 e partir daí foram confeccionados gráficos utilizando o Programa da *Microsoft Word* 2017 para melhor visualização dos resultados.

Os custos da biomassa foram pesquisados nas serrarias da região de Sinop-MT, sendo estas as madeireiras Madenop Indústria e Comércio de Madeiras, Madeiranit e Incomax-Indústria e Comércio de Madeira Xavantes Ltda. Assim, foi feito um cálculo dos valores apresentados de onde se tirou a média do custo da matéria prima por tonelada (cavaco, a serragem e lenha) vendidos pelas referidas serrarias.

Ainda, sobre o levantamento de custos, foi realizada uma visita à Gell Gaboardi, em 2018, para saber quanto ficaria uma fábrica com capacidade de 1 t/h, 2 t/h e 4 t/h, bem como treinamento de mão de obra para o funcionamento.

Também foi levantado, em *sites* de vendas, o valor da tonelada do *pellet* no mercado brasileiro, bem como em embalagens de 2 kg e 15 kg. Foi levantado ainda o custo da energia elétrica *versus* o uso do *pellet* e, para ilustrar a economia gerada a partir do uso do *pellet*, foi utilizado como exemplo um aquecedor com potência de 3000W.

Já, em relação ao transporte do *pellet* para a distribuição, foi levado em consideração as rodovias de escoamento da safra do município de Sinop e a distância, utilizando-se a Tabela de Valores de Frete da ANTT (2018), que já leva em consideração os custos fixos e variáveis e apresenta os cálculos prontos.

Foram feitos cálculos de Sinop ao Porto de Paranaguá, de Sinop ao Porto de

Santos e de Sinop ao Alto Araguaia utilizando-se as seguintes fórmulas¹:

$$Cm^3 \times Dm^3 = C^t$$

Sendo que:

Cm^3 : Capacidade de carga em metros cúbicos

Dm^3 : Densidade em metros cúbicos

C^t : Capacidade em toneladas/eixo *pellets*.

$$\frac{C^d}{C^t} = V^f$$

Sendo que:

C^d : Custo pela distância .

C^t : Capacidade em toneladas/eixo *pellets*.

V^f : Valor final por tonelada em euros e reais.

A partir das fórmulas acima, obteve-se o valor final do frete por tonelada em reais, considerado os três pontos escolhidos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Municípios mato-grossenses geradores de resíduo madeireiros

Foi realizado um mapa da produção de resíduos da indústria madeireira no estado, por município, que pode ser verificado na Figura 15, na qual pode se verificar a relação dos 74 (setenta e quatro) municípios que produziram resíduos, entre os anos de 2006 e 2017, sendo que Sinop fica na posição 128 do mapa.

¹ As fórmulas foram desenvolvidas pelo autor, a partir de dados colhidos no *site* da ANTT (2018) em relação à capacidade de carga e custos de frete por distância e também pelo *site* da EUROPEAN PELLET COUNCIL (2013) em relação à densidade do produto a ser transportado, de acordo com as normas de qualidade estabelecidas.

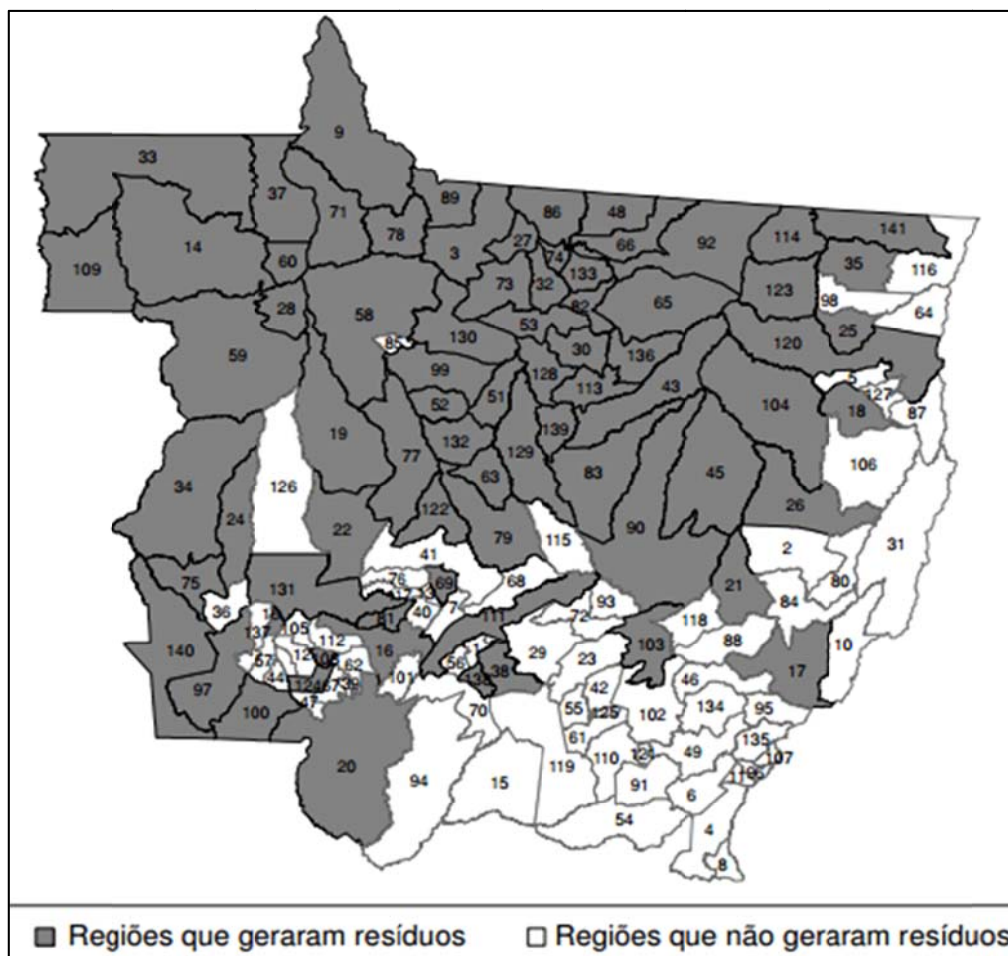


Figura 15 – Municípios de MT geradores de resíduos madeireiros de 2006 a 2017.
Fonte: SEMA (2018).

Os dados referentes à produção de resíduos no estado de Mato Grosso estão disponibilizados pela Secretaria de Meio Ambiente (SEMA) do referido estado, órgão responsável pela gestão florestal no Estado desde o ano de 2005. Estes dados são provenientes das indústrias madeireiras existentes no estado e cadastradas no SEMA, no Cadastro de Consumidores de Produtos Florestais, que foram obtidos a partir do Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais (SISFLORA, 2017).

O sistema possui controle detalhado sobre todos os empreendimentos primários (extração, coleta e produção) até os secundários (serraria, indústria, beneficiamento, laminação, comércio, armazenamento, consumo, construtoras) registrando todos os dados, do local de atividade do empreendimento, as pessoas responsáveis e ainda os seus insumos, como apresentado no capítulo anterior. (SISFLORA, 2017).

Na Figura 16 são apresentados os 10 (dez) municípios com maior produção

de resíduos da indústria madeireira, de origem de floresta nativa, produzidos no período de 12 (doze) anos (2006-2017).

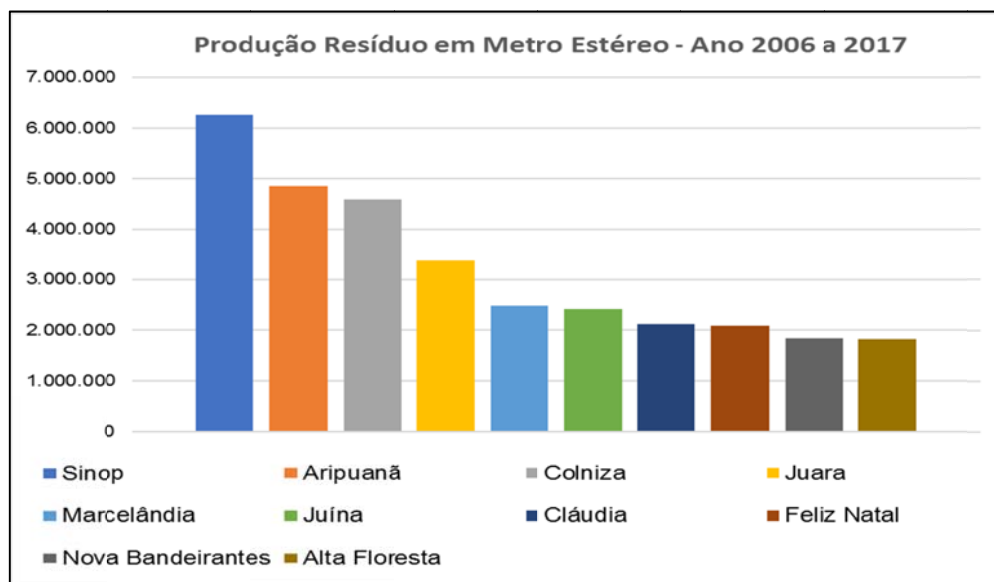


Figura 16 – Os dez municípios com maior produção de resíduo madeireiro em 2006-2017

Fonte: Adaptado de SEMA (2018).

O município de Sinop é a 3ª cidade industrial de Mato Grosso, com 400 serrarias, se destacam em primeiro lugar, seguido pelos municípios de Aripuanã e Colniza, respectivamente, ficando em décimo lugar o município de Alta Floresta. Sinop apresentou uma produção de 6.260.998,06 metros estéreis², seguidos pelos municípios de, Aripuanã com 4.845.414,29 metros estéreis e Colniza com 4.584.798,01 metros estéreis.

A produção de resíduos também foi quantificada no período dos últimos 3 (três) anos (2015 a 2017), para ter um valor mais real do que está se produzindo atualmente. Conforme apresentado na Figura 17, o município de Aripuanã se destacou em produção, com um volume de 1.343.491,56 metros estéreis, seguido pelos municípios de Colniza com 1.264.373,56 e Sinop 1.249.998,56 m de resíduos madeireiros.

² Metro Estéreo – tecnicamente 1 estéreo é igual ao volume de uma pilha de madeira de um metro cúbico e, portanto, compreende a madeira propriamente dita e os espaços vazios entre as toras.

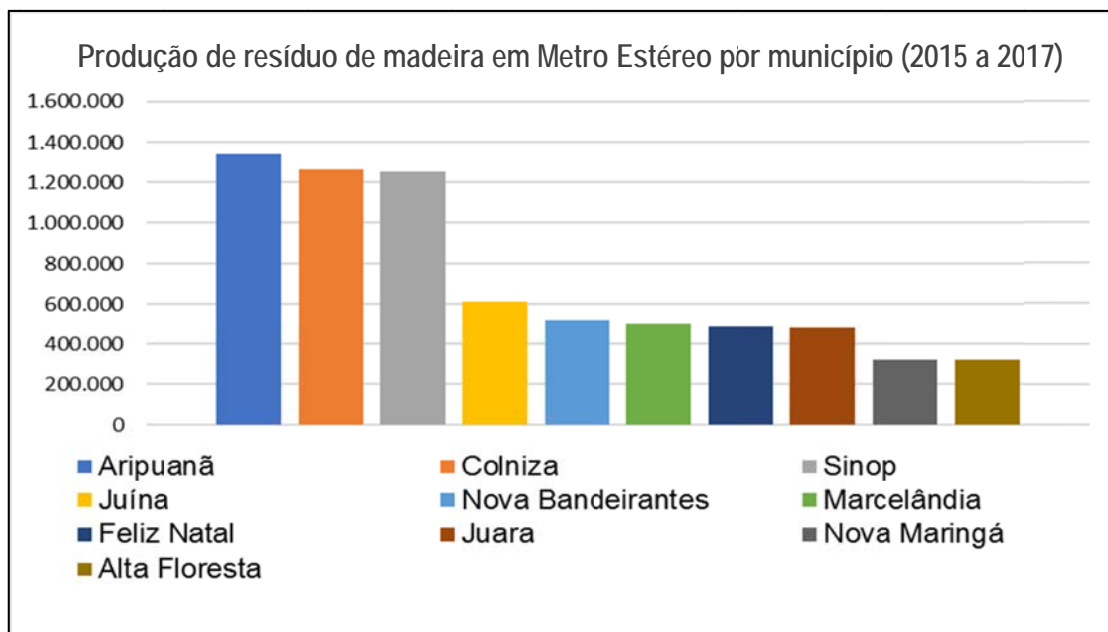


Figura 17 – Os dez maiores produtores de resíduo madeireiro, 2015-2017

Fonte: (SEMA, 2018).

De acordo com Quirino (2004), os resíduos das madeireiras são genericamente classificados como cascas, aparas, cepilhos, serragem, cavacos e cinzas produzidos ao longo do processo de produção. Com base nas suas características morfológicas, os resíduos dessas indústrias são classificados como: a) cavacos, partículas com dimensões máximas de 50 × 20 mm, em geral provenientes do uso de picadores; b) maravalhas, resíduo com menos de 2,5 mm; serragem, partículas de madeira com dimensões entre 0,5 e 2,5 mm, provenientes do uso de serras; c) pó, resíduos menores que 0,5 mm e; d) lenha, resíduos de maiores dimensões.

Por sua vez, Serrano (2009) classifica os resíduos da indústria madeireira como: a) Serragem, resíduos originados da operação de serras, encontrados em todos os tipos de indústrias madeireiras e moveleiras, com exceção das laminadoras de toras; b) Cepilho, também muito conhecido por maravalha, resíduos gerados pelas plainas nos processos de serrarias ou marcenarias. Após certos processos que também serão aplainados, a madeira será utilizada na fabricação de móveis, portas, janelas, pisos, forros, e estruturas para telhados; c) Lenha, típico dos resíduos de maiores volumes e com uma tendência em gerar novos produtos de menores dimensões. São gerados em todas as madeireiras, e compostos da lenha: costaneiras, aparas, refilos, topos de toras e restos de laminados.

Segundo Machado (2014), com a sanção da Política Nacional de Resíduos Sólidos, todos que trabalham no setor das indústrias de madeiras precisam dar uma destinação final ambientalmente adequada para seus resíduos. Seja qual for a solução técnica adotada por essas empresas, ela deve obedecer a ordem de prioridade no gerenciamento de resíduos estabelecida pela Lei 12.305/2010 Art. 9º, que diz: *“Art.9º Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.*

§ 1º Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

§ 2º A Política Nacional de Resíduos Sólidos e as Políticas de Resíduos Sólidos dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios serão compatíveis com o disposto no caput e no § 1º deste artigo e com as demais diretrizes estabelecidas nesta Lei.”

A reciclagem ou o reaproveitamento é uma oportunidade de transformar em novos produtos, os resíduos normalmente considerados como lixo. Como exemplo, a fabricação de móveis e objetos de madeira, fabricação de briquetes e *pellets*, dentre outros. Esse processo é uma importante fonte de faturamento para a indústria, uma vez que reduz os gastos com deposição e armazenagem (MACHADO, 2014).

4.2 Custo de produção de *pellets* e retorno de investimentos

Em estudo levantado por Grein (2016), em relação aos investimentos necessários para a implantação de uma fábrica de *pellets* em Santa Catarina, com capacidade de produção média de 1.100 toneladas do produto por mês, o custo seria em torno de R\$ 6.904.370,00. Com o preço do *pellet* sendo comercializado ao valor de € 140,00/tonelada³ e cotação do euro em torno de R\$ 4,09 para € 1,00, o

³ O valor considerado para a venda do pellet, de € 140,00/t, foi obtido por meio de uma manifestação de interesse de compra total da produção, enviada por uma empresa distribuidora de combustíveis sólidos da Europa. Este valor considera contrato de fornecimento com prazo mínimo de 4 anos e retirada do produto na fábrica (Grein, 2016).

faturamento bruto mensal seria de R\$ 629.860,00, totalizando o montante de R\$ 7.558.320,00 por ano.

Se considerar que essa fábrica fosse instalada com o intuito apenas de exportação do produto, logo, o projeto apresentaria um *payback* simples de 1,52 anos e *payback* descontado (6% a.a.) de 1,64 anos (GREIN, 2016).

Nesse estudo, o cálculo da depreciação das instalações, máquinas e equipamentos foi realizado, considerando o prazo de depreciação de 7 anos para as máquinas e equipamentos e 20 anos para as instalações. Ao final, a partir da análise financeira do projeto, identificou-se um prazo interessante para retorno do investimento (GREIN, 2016).

Para o cálculo do *payback* do projeto foi considerada a taxa de juros praticada pelo fornecedor das máquinas e equipamentos. Com base nas informações financeiras do projeto, obteve-se a Taxa Interna de Retorno de 13,84% e o Valor Presente Líquido do Projeto de R\$ 759.340,16, comprovando a viabilidade financeira do projeto naquela região. Os maiores custos estão relacionados à matéria-prima e à depreciação das máquinas, equipamento e instalações. Esta é uma informação de grande importância para a garantia da viabilidade do projeto, principalmente após sua instalação (GREIN, 2016).

No entanto, uma fábrica na região de Sinop-MT, com esse porte e tendo como foco principal o mercado externo não seria viável por causa do custo dos transportes, devido as longas distâncias que o produto teria que percorrer até os portos, como será discutido mais adiante. Desta forma, talvez fosse mais viável uma fábrica menor visando, a princípio, apenas o mercado interno.

Segundo a empresa Gell Gaboardi, visitada pelo autor em 2018 para levantamento de custos, uma planta completa, considerando o recebimento da matéria prima na unidade e granulometria completa (serragem ou maravalha) até o silo de depósito de produto acabado, não incluindo parte de embalagem caso necessário, ficaria em torno de 1 t/h R\$1.900.000,00, 2 t/h R\$ 2.800.000,00, 4 t/h R\$ 4.000.000,00, a empresa Gell Gaboardi também ofereceria treinamento de mão de obra.

Segundo Couto et al. (2004), o principal problema associado ao mercado interno é o transporte da matéria-prima até a fábrica em função da baixa relação densidade/volume e, portanto, da baixa concentração energética por unidade de volume, que acaba se tornando oneroso.

No caso de resíduos lignocelulósicos, a distância máxima economicamente viável é de 150 km (MACHADO, 2014). Mas no caso da cidade de Sinop-MT esse não é um fator muito relevante no aumento dos custos, pois a partir de valores levantados em algumas serrarias da região (Madenop Indústria e Comércio de Madeiras, Madeiranit e Incomax-Indústria e Comércio de Madeira Xavantes Ltda) esse valor pode apresentar menos custos se comparados com os valores levantados em Santa Catarina, pois enquanto 1 tonelada de lenha com frete com pode custar R\$ 52,00 naquela região, em Sinop esse valor foi cotado com uma média de 31,20.

O cavaco em Santa Catarina, de acordo com Grein (2016), custava em torno R\$ 34,24, porém em Sinop esse valor cai para 23,40. Essa diferença se dá pelo grande volume de matéria prima encontrado na região de Sinop, bem como as distâncias consideravelmente mais curtas do que as apresentadas no projeto feito em Santa Catarina.

Outro problema que aumenta a onerosidade da matéria prima é a heterogeneidade: resíduos lignocelulósicos são caracterizados por apresentar grande heterogeneidade (forma, teor de umidade, granulometria etc.), consequentemente, o processo produtivo pode se tornar oneroso, uma vez que é necessária a padronização desse material, bem como o ajuste dos equipamentos envolvidos na produção, a fim de obter um produto mais homogêneo e de qualidade. Sobre a competitividade com outras fontes, o *pellet* é um produto que compete diretamente com a lenha e o carvão vegetal. Assim, para gerar a mesma quantidade de energia, o custo da utilização do *pellet* é até 2 a 3 vezes maior que o da lenha, e 1,25 vezes maior que o do carvão vegetal. Por isso, há necessidade de políticas e linhas de créditos que estimulem o investidor/empreendedor a seguir essa linha de produção (COUTO et al., 2004).

Ainda, com a carga tributária elevada, é necessário conscientizar o governo das vantagens e do potencial brasileiro para geração de energia a partir da biomassa, visando à geração de divisas para o país com a comercialização de produtos energéticos à base de biomassa e, também, a participação e o comércio de créditos de carbono. Por fim, há a necessidade de um elevado investimento em capital de giro, sendo que, em muitos casos, ocorre a dificuldade de negociação com agentes financeiros para obtenção de crédito e financiamentos (COUTO et al., 2004).

4.3 Mercado Local de *pellets*

Conforme a Mill Indústrias (2017), as caldeiras são consideradas um dos principais equipamentos para diversas atividades industriais. Mesmo com a eficiência das turbinas a vapor, motores de combustão, geradores para fontes portáteis de energia e motores elétricos, cada vez mais eficientes, muitas empresas ainda lançam mão do uso das caldeiras para suas atividades diárias. As principais indústrias que necessitam e devem utilizá-las são: frigoríficos, indústrias madeireiras, indústrias de laticínios, termelétricas, indústrias de petróleo e seus derivados, além de das indústrias metalúrgica, têxtil, alimentícia, hoteleira e hospitalar.

Em Mato Grosso, tecnicamente, há mercado local para a utilização dos *pellets*, pois há muitas empresas que estão instaladas nessa região com grande potencial de consumo, as quais:

- Frigoríficos: São instalados e filiados ao Sindicato dos Frigoríficos do Estado de Mato Grosso 25 empresas (SINDIFRIGO/MT, 2017);

- Laticínios: São instalados e filiados ao Sindicato dos Laticínios do Estado de Mato Grosso 19 empresas (SINDILAT/MT, 2017);

- Silo e secadores de grãos: Estão instalados no estado de Mato Grosso, 21 silos da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), além de silos e esmagadoras de grãos particulares e de empresas multinacionais (CONAB, 2017);

- Termelétrica: Usina Mário Covas (Cuiabá) Capacidade 480 MW, Gás Natural Brasil-Bolívia, arrendada a Petrobrás (GASNET, 2014).

No momento, a principal biomassa utilizada como fonte de energia, na indústria em Mato Grosso é a lenha e o cavaco, oriundos de reflorestamento de eucalipto.

Apesar de o *pellet* apresentar algumas vantagens como: ausência de fumaça e partículas de cinza; temperatura constante; redução tempo de chegada da temperatura; não necessidade de aterramento sanitário e, conseqüentemente, da não necessidade de controle do IBAMA, redução da manutenção, entre outros, para as indústrias que utilizam em suas caldeiras a lenha e o cavaco, o *pellet* acaba não sendo competitivo, pois segundo Ahn et al. (2014), se comparar os preços agregados na manufatura do produto este acaba ficando 2,3 vezes mais caro, além de que muitas caldeiras que utilizam lenha não comporta o uso de *pellets* e teria que ser substituída por uma caldeira adequada, assim o *pellet* não desperta interesse na substituição da lenha e do cavaco

No entanto, o mercado local oferece outros segmentos que estão em expansão em que pode ser vantajosa a substituição da fonte de energia utilizada pelo *pellet*, como aqueles que utilizam energia elétrica, tais como: aquecimento de ambientes domésticos; granjas; aquecimento de piscinas, aquecimento de fornos em pizzarias, padarias, entre outros.

Segundo a ABIPLA (2018), 1 kwh em energia elétrica custa em média R\$ 0,80 e equivale a 860 Kcal. O poder calórico de 1 kg de *pellet* equivale a 4.600 Kcal e fornece em média 5,3 kwh.

Comprado por tonelada, no valor de R\$580/t., conforme cotado nos sites de venda Mercado Livre (2019) e MF Rural (2019), 1 kg de *pellet* custa em média R\$ 0,58, saindo R\$ 0,11 o valor do kwh. Vejamos:

$$\text{R\$ } 0,58 / 5,3 \text{ kwh} = \text{R\$ } 0,11$$

De acordo com a Cocel (2017), o consumo de energia de um aquecedor se mede pela potência. Os aquecedores mais utilizados no inverno, na região sul do Brasil tem, em média, 3000 W de potência. Desta forma, o cálculo do custo mensal, em energia elétrica, considerando 8 horas de consumo diário, é feito da seguinte forma:

$$3000 \text{ W} \times 8 \text{ h} \times 30 \text{ d} / 1000 = 720 \text{ kwh}$$

$$720 \text{ kwh} \times \text{R\$ } 0,80 = \text{R\$ } 576,00$$

Assim, uma casa que utiliza em torno de 720 kwh ao mês de energia para aquecimento estaria gastando R\$ 576,00 a mais, no inverno, por mês. Já, se essa casa utilizasse um aquecedor de ambiente a *pellet*, com a mesma potência, que custa em torno de 8.000,00, conforme cotado no site da Central Lareiras (2019), o valor cairia drasticamente. Vejamos:

$$720 \text{ kwh} \times \text{R\$ } 0,11 \text{ kwh/h} = \text{R\$ } 79,00$$

O cálculo R\$ 576,00-R\$ 79,00 mostra o valor de economia, que seria de R\$ 497,00 ao mês, fazendo com que o investimento fosse pago em aproximadamente 16 meses de uso. Cabe lembrar que esse tipo de energia pode ser utilizado em vários outros segmentos, como já discorrido anteriormente.

Ainda, considerando o mercado interno, o *pellet* pode ser vendido no varejo, geralmente em embalagens de 2 a 15 kg, como granulado higiênico para animais e também no atacado (usado geralmente para forro de baias) a partir de 1 t, abrindo o leque oportunidades da venda do *pellet* no mercado interno. O kg do *pellet* no varejo tem um valor mais elevado, de acordo com o site de vendas Mercado Livre (2019),

onde o custo de um pacote de 2 kg custa em torno de R\$ 9,90 e de 15 kg custa R\$ 145,90 em média.

Segundo o *site* Mercado Livre (2019), as vantagens do granulado higiênico é o maior rendimento por causa da alta absorção, podendo render até 4 vezes mais do que a areia comum, bem como a capacidade de eliminar odores por causa das fezes e urina dos animais, além de não trazer riscos ao animal e danos à natureza por ser um produto 100% natural e biodegradável.

Vale ressaltar que o preço final do *pellet*, bem como os valores referentes à economia ainda vão depender dos valores cobrados pelo frete do produto até o consumidor.

4.4 Distribuição de *pellets* a partir do norte do Mato Grosso

O transporte dos *pellets* deverá ser realizado a partir das mesmas vias de escoamento que já são utilizadas atualmente para o escoamento dos produtos do agronegócio (Figuras 18 e 19), tanto para o mercado nacional, quanto internacional, a partir dos portos disponíveis no país.

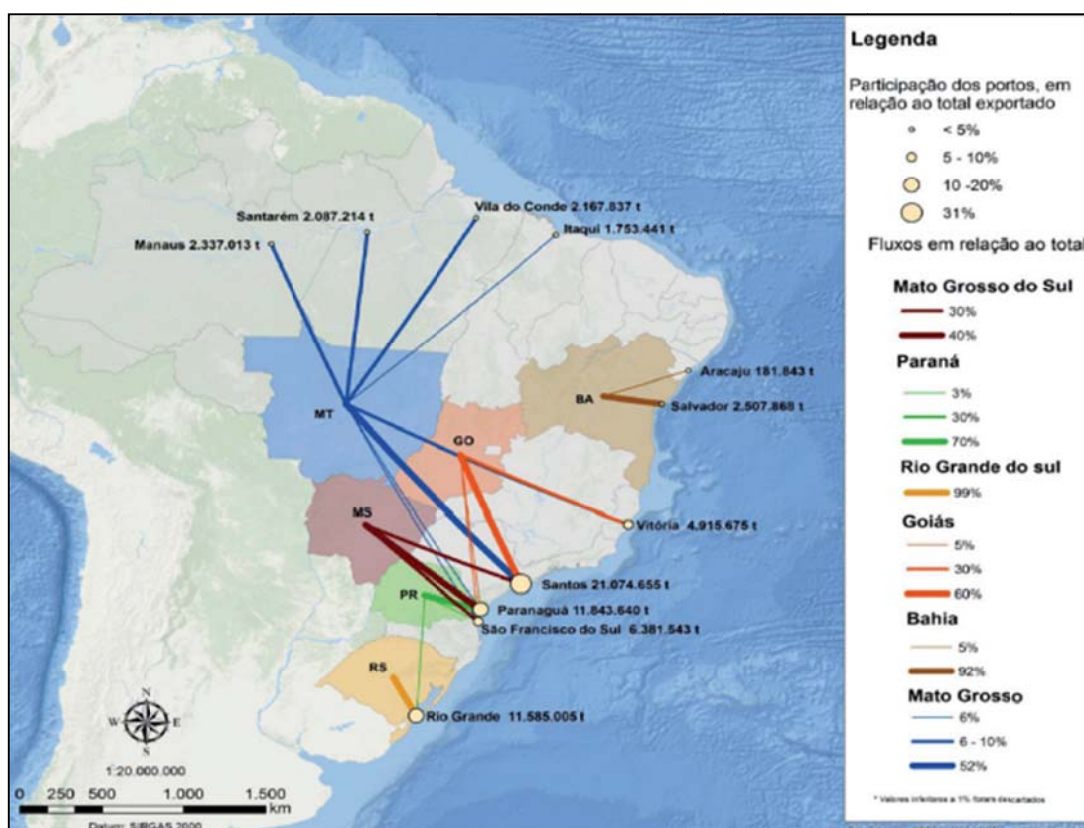


Figura 18 – Destino da produção dos principais estados produtores do Brasil.
Fonte: Embrapa (2017).

O transporte do *pellet* no Brasil é feito em sua grande maioria pelo modal rodoviário. Existem, situações em que as rodovias se mostram vantajosas. “Uma das grandes vantagens do transporte rodoviário é o de alcançar praticamente qualquer ponto do território nacional, com exceção de locais mais remotos.” A grande vantagem do transporte rodoviário se dá por conta da flexibilidade deste modal. Tal característica é resultado da possibilidade de operar num grande número de rodovias, tendo assim a capacidade de operar de porta a porta. (ESCOBAR; COELHO, 2014, p. 245).



Figura 19 – Vias de escoamento da produção do estado do Mato Grosso.
Fonte: DNIT (2017).

Em um estudo realizado na cidade de Sinop, pela Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística (ANTC-2014), de onde sai grande parte da produção agrícola do estado de Mato Grosso, as rotas mais utilizadas para escoar a produção de grãos da região são as que têm como destino final o terminal ferroviário do Alto Araguaia e o Porto de Paranaguá (25%) e 75% se dividem entre o Porto de Santos e demais regiões de Mato Grosso.

A produção que fica em Mato Grosso vai para silos de secagem e armazenagem e o montante que sai com destino ao Alto Araguaia, Porto de Santos e Paranaguá é a parte que é exportada para fora do país. Esses três pontos são os considerados mais vantajosos entre os produtores em relação aos custos de frete e

logística. No caso dos *pellets*, a ideia inicial é seguir as rotas de escoamento dos grãos para os portos e de lá para outros países, principalmente países da Europa.

O transporte de *pellets* no estado de Mato Grosso teria que ser escoado via rodovia, se levado a granel, o veículo terá maior capacidade de transporte do que se estiver embalado.

Os cálculos, utilizando a Tabela de Preços Mínimos por km e por Eixo, considerando um caminhão de 5 eixos-Carga Granel da ANTT (2018), realizados para obter o valor final do frete até os portos, até atingir os três pontos indicados pelos produtores, apresentaram os seguintes resultados.

$$20 \text{ m}^3 \times 600 \text{ kg/m}^3 = 12.000 \text{ kg de carga/caminhão}$$

Através dos cálculos observou-se que um caminhão com capacidade de 20 m³ de biomassa a densidade de 600 kg/m³ (normas da *ENplus*) teria a capacidade de carga de 12 toneladas.

Já o valor final do custo do frete por tonelada se obteve os seguintes resultados:

De Sinop ao Alto Araguaia, considerando a distância de 899 km, pela Tabela da ANTT (2018) o quilômetro deve ser de R\$1,00:

$$\frac{899 \text{ km} \times \text{R\$ } 1,00/\text{km}}{12 \text{ t}} = \text{R\$ } 74,92/\text{t} \text{ (18,31€) por tonelada}$$

De Sinop a Santos, considerando a distância de 2132 km, Santos cada quilômetro, pela Tabela da ANTT (2018), vale R \$0,96:

$$\frac{2.046,72 \times \text{R\$ } 0,96}{12 \text{ t}} = \text{R\$ } 170,56/\text{t} \text{ (41,70€) por tonelada.}$$

De Sinop a Paranaguá, considerando a distância de 2276 km, cada quilômetro, pela Tabela da ANTT (2018), vale R\$ 0,95:

$$\frac{2.162,2 \times \text{R\$ } 0,95}{12 \text{ t}} = \text{R\$ } 180,00/\text{t} \text{ (44 €) por tonelada.}$$

Se somar o valor do frete no valor final da tonelada tomando como base os dados anteriores (140 €) o preço final no porto para venda ficaria em: 158,31€/ton., 181,70 €/t. e 184,00 €/t., respectivamente. Como pode ser visto, através do cálculo,

o frete encarece muito o valor final do *pellet*, se forem utilizados os mesmos caminhos utilizados pelos produtores do Mato Grosso.

Garcia (2017) defende que o maior desafio maior do Brasil para alcançar o mercado internacional de *pellet* é o custo de transporte que, fazendo com que o preço final (*free on board*) para exportação, no momento, não seja competitivo. A indústria brasileira tem, em média, um custo de produção entre 280 e 350 reais a tonelada na fábrica e é nessa faixa de preço da tonelada de *pellets* negociado na Europa. Segundo esse autor, o custo da energia e do transporte do produto final até os portos é penalizante para a indústria brasileira de *pellets*.

A alternativa considerada mais viável para o escoamento da produção agrícola de Mato Grosso, incluído os *pellets* seria o corredor rumo aos portos do Arco Norte. Uma ferrovia paralela à BR-163 é vista como solução para consolidar a rota para os terminais de carga de Miritituba (PA).

Chamada tecnicamente de EF-170, a linha, que está apenas em estudos, recebeu o nome de Ferrogrão e “faz frente à expansão da fronteira agrícola e à demanda por uma infraestrutura integrada”, justifica o Ministério dos Transportes no informe sobre o projeto (ACRIMAT, 2016). A ferrovia deverá ter 1.142 quilômetros de extensão, ligando Lucas do Rio Verde (MT) a Itaituba (PA). Inicialmente, seria construído o trecho entre Sinop (MT) e Miritituba (PA), com 933 quilômetros (Figura 20). A extensão até Lucas do Rio Verde dependeria da chegada de outros ramais ao município.

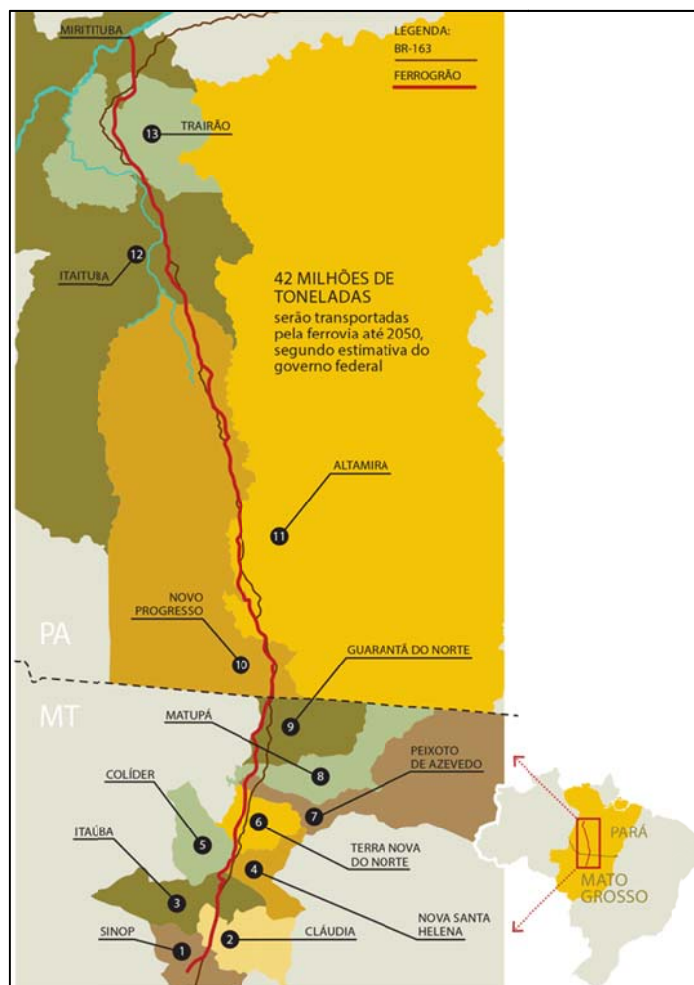


Figura 20 - Traçado da Ferrogrão ligando Sinop a Miritituba (PA)

Fonte: ACRIMAT (2016)

O principal efeito da ferrovia é aumentar a competitividade e diminuir o impacto ambiental. Estudos feitos em 2015 pelo consórcio apontavam que, se em 2020 a ferrovia estivesse em operação, 87% da produção de Mato Grosso seria escoada por trem. Entretanto, espera-se que ainda levará alguns anos para que as obras estejam concluídas. Só pela Ferrogrão, seriam transportados cerca de 20 milhões de toneladas de grãos. O Ministério dos Transportes estima que, em 2050, o volume transportado pela estrada de ferro rumo a Miritituba seja superior a 42 milhões de toneladas (PPI, 2018).

5. CONCLUSÕES

Através do estudo bibliográfico foi possível verificar que o *pellet* pode ser uma alternativa mundial para driblar a falta de recursos naturais para geração de energia. É possível gerar energia limpa e renovável utilizando-se *pellets* produzidos com restos de madeira, fazendo com que se utilize um material que antes iria ser descartado, ou seja, a matéria prima utilizada na fabricação pode reaproveitar o que antes iria virar lixo.

A cidade de Sinop, localizada a 500 km de Cuiabá, possui um grande potencial técnico para a implantação de uma fábrica de *pellets*, por possuir várias serrarias que produzem um grande volume de biomassa e que, na maioria das vezes, é descartado, se acumulando nos pátios das empresas ou queimado, gerando um grande problema ambiental e também para a saúde da população.

Ainda, foi verificado que o mercado interno poderia fazer uso do *pellet*, pois no país há muitas empresas, casas, granjas, e outros segmentos que utilizam energia elétrica e que poderia ser substituído pelo *pellet*, caso houvesse incentivo e demanda suficiente. Há também indústrias que utilizam o aquecimento de água para os procedimentos de produção que também poderia utilizar-se do *pellet*, inclusive existem no país muitas empresas que já estão se utilizando essa opção por ser mais econômico, prático e ocupar menos espaço do que a lenha e o carvão.

Em relação ao mercado externo, a cada dia mais os países estão ficando sem opção em relação aos recursos naturais para a geração de energia e estão criando novas alternativas e o *pellet* é uma delas, pois vem ganhando força e destaque nas conferências mundiais, por apresentar grande potencial de geração de energia limpa e renovável. No entanto, para muitos países, como os europeus o empecilho é a matéria prima para a produção e isso o Brasil apresenta em grandes quantidades.

Desta forma, entende-se que mercado interno e externo de *pellets* está em crescimento, mas ainda não alcançou a maturidade. Assim, tecnicamente, implantação de uma fábrica de *pellets* é viável em Sinop, pois não há fábricas desse segmento nessa região, o local produz matéria prima suficiente para a fabricação, há mercado local e global, a tecnologia para a montagem da fábrica é acessível e há logística de transporte do produto que são as mesmas rodovias utilizadas para o escoamento das safras e madeira da região, tanto para o mercado interno como externo. No entanto o transporte, que é realizado em grande parte via rodovias encarece o produto se fosse para ser vendido no porto, por causa das longas distâncias que teriam que ser percorridas, fazendo com que o produto perdesse a competitividade para ser exportado. Assim, uma alternativa seria focar no mercado interno.

A alternativa em relação ao transporte rumo aos portos seria seguir caminhos menos onerosos e nesse sentido há expectativa que até 2020 seria implantada uma ferrovia que virá facilitar o escoamento da safra e conseqüentemente poderá ser utilizada para transportar outros manufaturados a granel, como é o caso dos *pellets*. No entanto, isso ainda não foi confirmado, acreditando-se que ainda levaria aproximadamente 10 anos para que a ferrovia esteja funcionando.

Vale ressaltar que estudos mais aprofundados devem ser realizados para

verificar se há viabilidade financeira da implantação de uma fábrica na cidade de Sinop-MT, embora os estudos de viabilidade técnica apontam para essa possibilidade.

6. REFERÊNCIAS

ABIPEL. Associação Brasileira das Indústrias de Pellets. **Pellet Map brazil 2015**. Disponível em< <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=zFddmPPUHabc.klpFUgxvdkWE>> Acesso em 07/09/2018

ABRAF - ASSOCIAÇÃO PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico ABRAF 2013**. Ano base 2012 / ABRAF. – Brasília: 2013.148p.

ACRIMAT. **Ferrovía chamada de Ferrogrão vai ligar Sinop a Miritituba, no Pará, possibilitando as exportações pelos portos do Norte do país**. 2016 Disponível em< <https://acrimat.org.br/portal/governo-agiliza-processos/>> Acesso em: 10/04/2019.

AHN, B.J., CHANG, H.S., LEE, S.M., CHOI, D.H., CHO, S.T., HAN, G.S., YANG, I. Effect of binders on the durability of wood pellets fabricated from *Larix kaemferi* C. and *Liriodendron tulipifera* L. sawdust. **Renewable Energy** v. 62, p. 18-23, 2014.

ANTT. Agência Nacional De Transportes Terrestres. Resolução Nº 5.820, de 30 de maio de 2018. **Estabelece a metodologia e publica a tabela com preços mínimos vinculantes, referentes ao quilômetro rodado na realização de fretes, por eixo carregado, instituído pela Política de Preços Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas.** Disponível em: https://anttlegis.datalegis.inf.br/action/UrlPublicasAction.php?acao=abrirAtoPublico&cod_modulo=161&cod_menu=5412&num_ato=00005820&sgl_tipo=RES&sgl_orgao=DG/ANTT/MTPA&vlr_ano=2018&seq_ato=000> Acesso em: 11/09/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE PELLETS (ABIPEL). **Mapa de Pellets no Brasil - 2013.** Disponível em <<http://www.abipel.com.br/>>. > Acesso em: 01/06/2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIAS DE BIOMASSA E ENERGIA RENOVÁVEL (ABIB). **Guia Brasil Briquete.** Curitiba, 2012.

AVIZ. **Produits vendus en exclusivité chez.** 2016. Disponível em< https://www.caperlan.fr/pellets-peche-de-la-carpe-gooster-pellet-fish-4mm-5kg-id_8306270-avis> Acesso em: 01/06/2018.

BR PELLETS. **Brasil biomassa produtos.** 2018 Disponível em< <https://www.brasilbiomassa.com.br/pellets>> Acesso em: 01/09/2018.

BRAND, M. A. **Resíduo: fonte de energia.** Revista Referencia v.87, p. 31-52, 2009.

BRAND, M. A. **Energia de biomassa florestal.** Rio de Janeiro: Interciência, 2010, 131p.

BRASIL, **Ministério da Economia, Indústria, Comércio Exterior e Serviços.** Disponível em: www.aliceweb.mdic.gov.br/menu/index/id/7. Acessado dia 29/11/2017 as 19:04horas.

BRASIL. **LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm> Acesso em: 21/09/2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimentos. **Japoneses querem aumentar exportação de biomassa produzida aqui para o Japão** (artigo publicado em 01/12/2016). 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/noticias/japoneses-querem-aumentar-exportacao-de-biomassa-produzida-aqui-para-o-japao>. > Acesso em: 01/10/2018.

BRITO, J.O.; BARRICHELO, L.E.G. **Usos diretos e propriedades da madeira para geração de energia.** Piracicaba: IPEF, 2009. 7 p. (Circular Técnica IPEF, 52 PBP/3.1.8).

CARVALHO, N. P. R. **Implementação do Plano de Controle, Inspeção e Ensaio na Produção de Pellets de Madeira.** 31f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu / Instituto Politécnico

de Viseu, Viseu, 2011.

CELL GABOARDI. **Pellets Soluções**. 2018. Energia limpa. Disponível em< <https://www.gell.ind.br/catalogo-produtos/> Acesso em: 01/09/2018.

CENTRAL LAREIRAS. **Lareiras, churrasqueiras e aquecedores**. Disponível em< <https://www.centraldaslareiras.com.br/centraldaslareiras.com.br/lareira-a-pellet-bronpi-modelo-free-11> Acesso em: 01/09/2018.

CIPEM – Centro das Indústrias Produtoras e Exportadoras de Madeira do Estado de Mato Grosso. **Sustentabilidade da madeira nativa mato-grossense é destaque em conferência internacional**. Disponível em: <<https://www.cipem.org.br/sustentabilidade-da-madeira-nativa-mato-grossense-e-destaque-em-conferencia-internacional/>> Acesso em: 01/09/2018.

COCEL. **Saiba como calcular o consumo mensal de aquecedores**. 2017. Disponível em: <<http://www.cocel.com.br/?p=2717>:<http://www.cocel.com.br/?p=2707>> Acesso em: 21/07/2018.

COSTRUZIONI NAZZARENO. **Produtos para fábrica de pellets e acessórios**. Disponível em< <https://www.nazzareno.it/pt/produtos/>> Acesso em: 01/06/2018.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento. **Armazenagem**. Mato Grosso. 2017. Disponível em< <https://www.conab.gov.br/armazenagem>> Acesso em: 01/06/2018.

COUTO, L.; MULLER, M. D.; SILVA, A. G. J.; NARDOTO, L. J. C. **Produção de pellets de madeira – o caso da Bioenergy no Espírito Santo**. Biomassa & Energia, v. 1, n. 1, p.45-52, 2004.

COUTO, L. C.; ABRAHÃO, C. P.; FARIA E. R.; COUTO, L. M. F.. Utilizações Energéticas da Biomassa Vegetal. **Revista Biomassa & Energia**, Viçosa, Minas Gerais, v. 5, n. 1, 2012.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Fórum Nacional de Atividades de Base Florestal. Cadeia Produtiva de Florestas Nativas**. 2012. Brasília: CNI/FÓRUM FLORESTAL, 2012. 54p.

DNIT- MT. **Mapa rodoviário, 2017**. Disponível em< <http://www.dnit.gov.br/download/mapas-multimodais/mapas-multimodais/mt.pdf>> Acesso em: 01/06/2018.

DOLZAN, P.; BLANCHARD, M. P.; GRASSI, A.; HEINIMO, J.; JUNGINGER, M.; RANTA, T. IEA Bioenergy. **Global Wood Pellets Markets and Industry: Policy Drivers, Market Status and Raw Material Potencial**. Organizado pela IEA – International Energy Agency – Task 40. Paris, 2006. 112p.

EDWARDS, D. P.; LARSEN, T. H.; DOCHERTY, T. D.; ANSELL, F. A.; HSU, W. W.; DERHÉ, M. A.; HAMER, K. C.; WILCOVE, D. S. Degraded lands worth protecting: the biological importance of Southeast Asia's repeatedly logged forests. **Proceedings**

of the Royal Society of London B: Biological Sciences, v. 278, n. 1702, p. 82-90, Jan. 2011.

ESCOBAR, Javier F.; COELHO, Suani T. **O potencial dos pellets de madeira como energia no Brasil**. *Jornal Biomassa BR*, v. 3, n. 012, pp. 9-14, Jan./Fev. 2014.

EUROPEAN PELLET COUNCIL - EPC. **Handbook for Certification of Wood Pellets for Heating Purposes**. April, 2013.

FRANCISCO, W. C.. **"Carvão Mineral"**; Brasil Escola, 2017. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/carvao-mineral-combustivel.htm>>. Acesso em 17 de maio de 2017.

FRIED, J. **Do carbon offsets work? The role of forest management in greenhouse gas mitigation**. PNW Science Findings, USDA Forest Service, Portland, Oregon. 2013. Disponível em: <<http://www.pelletheat.org/assets/docs/industry-data/usfs-science-findings.pdf>>. Acesso em: 21/05/2018.

FORTEX. **Plainas para maravalha**. 2018. Disponível em: <<http://fortex.ind.br/br/produtos.php>> Acesso em: 01/05/2019.

GASNET- Site do GÁS NATURAL. **Gás Natural Brasil-Bolívia, arrendada a Petrobrás**. Disponível em: <<http://www.gasnet.com.br/legislacao.asp?patrocinador=legislacao>> Acesso em: 01/05/2019.

GARCIA, D. P. **Caracterização química, física e térmica de pellets de madeiras produzida no Brasil**. 103p. Dissertação (Mestrado Engenharia Mecânica). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá (FEG/UNESP). Guaratinguetá, 2010.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G. Caracterização energética de pellets de madeira. **Revista da Madeira**, v. 135, p. 14-18, 2013.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G. **Trends and challenges of Brazilian pellets industry originated from agroforestry**. *Revista Cerne*, v. 22, n. 3, Lavras July/Sept. p. 233–240, 2016.

GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G. **O setor de pellets de madeira no Brasil**. *Brazilian Journal of Wood Science*, v. 8, n. 1, p. 21–28, 2017.

GELL. **Gaboardi Energia Limpa Limitada**. Disponível em < <https://www.gell.ind.br/> Acesso em: 24/10/2018

GENTIL, L.V.B. **Tecnologia e Economia do Brique de Madeira. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal**. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. DF. 195p. 2008.

GOETZL, A. **Developments in the global trade of wood pellets. Office of industries working paper. U.S. International Trade Commission.** No. ID-039. 2015, 28p. Disponível em < http://www.usitc.gov/publications/332/wood_pellets_id-039_final.pdf. Acesso em: 24/10/2018

GOLDEMBERG, J. Biomassa e Energia. **Química Nova**, Vol. 32, No. 3, 582-587, 2009.

GREIN, A. **Fábrica de pellets de madeira.** 2016. Disponível em < <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/52586/R%20-%20E%20-%20ADRIANO%20GREIN.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 24/10/2018

HAMMER MIL. **Pallets equipments.** 2018. Disponível em < <http://www.gemco-energy.com/hammer-mill.html>> Acesso em: 01/06/2018.

HANSEN, M.; Tony; JEIN, A.R. (FORCE Technology); HAYES, S.; BATEMAN, P. (National Energy Foundation). **English Handbook for Wood Pellet Combustion.** Pellets Atlas, 2010.

HALL, D.O.; HOUSE, J. I; SCRASE, I. Visão geral de energia e biomassa. In ROSILLO-CALE, BAJAY E ROTHMAN. “[Uso da Biomassa para Produção de Energia na Indústria Brasileira. Campinas, São Paulo. Editora da UNICAMP, 2005.

HEINIMÖ, J., JUNGINGER, M. Production and trading of biomass for energy – An overview of the global status. **Biomass and Bioenergy** v. 33, n° 9, p. 1310–1320, 2009.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mato Grosso já tem 3.035.122 habitantes, segundo IBGE.** 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt>> Acesso em: 02/06/2018.

IBGE – SIDRA – **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2014.** Disponível em < <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pevs/default.asp?o=29&i=>> Acesso em: 27/06/2018.

IBGE- CIDADES. **Município de Sinop Mato Grosso. Trabalho e rendimentos.** 2018. Disponível em < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/sinop/panorama>> Acesso em: 01/03/2019.

IMAZON- FATOS FLORESTAIS DA AMAZÔNIA. **Mercado e preço da madeira amazônica.** Instituto do homem e meio ambiente da Amazônia. 2010.

KAREKESI, S., COELHO, S. T., LATA, K. **Traditional Biomass Energy: Improving its Use and Moving to Modern Energy Use.** In: International Conference for Renewable Energies, 2004, Bonn. Thematic Background Paper, Alemanha, 2004.

KRANZL, L., KALT, G., DIESENREITER, F., SCHMID, E., STÜRMER, B. **Does bioenergy contribute to more stable energy prices?** In: Tenth IAEE European

conference on energy, policies and technologies for sustainable economics; 2009, p. 7-10

KRISTÖFEL, C., STRASSER C., MORAWETZ, U.B., SCHMIDT, J., SCHMID, E. Analysis of woody biomass commodity price volatility in Austria. **Biomass and Bioenergy**. v.65, p.112-124, 2014.

LAMERS, P.; JUNGINGER, M.; HAMELINCK, C.; FAAIJ, A. “Developments in International Solid Biofuels Trade – An Analysis of Volumes, Policies, and Market Factors.” **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. 2012.

LAURI, P., HAVLÍK, P., KINDERMANN, G., BÖTTCHER, H., OBERSTEINER, M. Woody biomass energy potential in 2050. **Energy Policy**. 2014.

LIMA, C. R. Viabilidade econômica da produção de briquete a partir da serragem de Pinus sp. In. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. **Anais...** São Paulo: CBPE, 2008. p.1-4.

LIPPEL. **Irmaos Lippel & Cia Ltda Fábrica de pellets**. 2018. Disponível em<<http://www.lippel.com.br/br/categorias/unidades-de-producao/unidades-de-producao/usina-de-combustivel-solido/fabrica-de-pellets-199.html>> Acesso em: 01/06/2018.

LIU, T.T.; MCCONKEY, B.G.; MA, Z.Y., LIU, Z.G.; LI, X.; CHENG, L.L. **Strengths, Weakness, Opportunities and Threats Analysis of Bioenergy Production on Marginal Land**. Energy Procedia 5 p.2378–2386, 2011

MACHADO, C.C.. **O Setor Florestal Brasileiro**. In **Colheita Florestal**. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, p.15-32, 2014.

MANZANO-AGUGLIARO, F.; ALCAYDE, A.; MONTOYA, F. G.; ZAPATA SIERRA, A.; GILL, C. Scientific production of renewable energies worldwide: An overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 18, p.134-143. 2013.

MALISIUS, U.; JAUSCHNEGG, H.; SCHMIDL, H.; NILSSON, B.; RAPP, S.; STREHLER, A.; HAHN, B. **Woodpellets in Europe – State of Art/Technologies/Activities/Markets**. Industrial Network on Wood Pellets. Editora UMBERA GmbH, A-3100 ST. Poelten, Schiesstattring. 25-2000.

MELO, R.R.; SILVESTRE, R.; OLIVEIRA, T.M.; PEDROSA, T.D. Variação radial e longitudinal da densidade básica da madeira de Pinus elliottii Engelm. Em diferentes idades. **Ciência da Madeira** (Braz. J. Wood Sci.), Pelotas, RS, v. 04, n. 01, p. 83-92, Maio de 2013.

MERCADO LIVRE. **Granulado de pellets para animais**. 2019 Disponível em<<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-987815914-granulado-higinico-de-madeira-care-pet-10kg>> Acesso em: 23/04/2019.

_____ **Pellets De Madeira Saco De 15 Kg - Preço Por Tonelada**. 2019.

Disponível em <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1216641897-pellets-de-madeira-saco-de-15-kg-preco-por-tonelada-_JM?quantity=1> Acesso em: 23/04/2019.

MF RURAL. pellets de madeira de eucalipto que atendem as normas de qualidade do mercado europeu EN plus A1 e A2. 2019. Disponível em <<https://www.mfrural.com.br/busca.aspx?palavras=saco+15+kg+pellets>> Acesso em: 23/04/2019.

MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE. RF- **Base de données Pégasse**. 2015 Disponível em <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/energieclimat/r/industrie.html?tx_ttnews%5Btt_news%5D=21083&cHash=fb5b458ff78e44f761db201e5f4a2641> Acesso em: 23/09/2018.

MILL INDÚSTRIAS. **Caldeiras: quais empresas precisam (e devem!) utiliza-las?** Disponível em: <http://www.mill.com.br/caldeiras-quais-empresas-precisam-e-devem-utiliza-las/>. Acessado dia 20/11/2017 as 15:30 horas.

MOBINI, M., MEYER, J. C., TRIPPE, F., SOWLATI, T., FRÖHLING, M., SCHULTMANN, M.. Assessing the integration of torrefaction into wood pellet production. **Journal of Cleaner Production** v.78, p. 216-225, 2014.

MOISEYEV, A., SOLBERG, B., KALLIO A.M.I. Wood biomass use for energy in Europe under different assumptions of coal, gas and CO2 emission prices and market conditions. **Journal of Forest Economics** v.19, p. 432–449, 2013.

MURRAY, G. Canadian Wood Pellet Industry. **European Pellet Conference**, March 3, 2011. 2011. Disponível em: <<https://www.pellet.org/linked/2011-03-03%20g%20murray%20epc.pdf>> Acesso em 02/06/2017.

NASCIMENTO, G. A. **Aproveitamento de bagaço em usinas de álcool e açúcar – venda, queima ou hidrólise**. 113f. Dissertação (Mestrado Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista (FEG/UNESP). Guaratinguetá, 2008.

NARODOSLAWSKY, M. Structural prospects and challenges for bio commodity processes. **Food Technology and Biotechnology**. 2010.

NOGUEIRA, L. A. H. **Bioenergias e Sustentabilidade: nexos e métodos**. São Paulo, 2005.

NUNES, L., MATIAS, J. e CATALÃO, J. “Wood pellets as a sustainable energy alternative in Portugal”, **Renewable Energy**, Vol. 85, Portugal. 2016.

OLIVEIRA, C.M. Porque produzir e utilizar pellets é um promissor e sustentável negócio do futuro (artigo). **Brasil Biomassa e Energia Renovável / ABIB**. 2017.

OLIVEIRA, C.M. Processo Industrial de Produção de Pellets (artigo). **Brasil Biomassa e Energia Renovável / ABIB**. 2015.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; GUIMARÃES, J.; VERÍSSIMO, A. **Fatos florestais da Amazônia**. Belém: IMAZON, 2010.

PEREIRA, L.G., DIAS, MO.S., MACLEAN, H.L., BONOMI, A. Investigation of uncertainties associated with the production of N-butanol through ethanol catalysis in sugarcane biorefineries. **Bioresource Technology**, v.190, p.242–250, 2015

PÉREZ, S.; RENEDO, C. J; ORTIZ, A.; MAÑANA, M.; DELGADO, F.; TEJEDOR, C. Energetic density of different forest species of energy crops in Cantabria (Spain). **Biomass and Bioenergy**, v. 35, p. 4657-4664, 2011.

PINEL, J. **La filière pellets en France** : Une filière à structurer dans un contexte d'internationalisation rapide du marché. E-CUBE strategy consultants. Paris, 2013, 12p.

PIRRAGLIA, A., GONZALEZ, R., SALONI, D., WRIGHT, J., DENIG, J. Fuel properties and suitability of Eucalyptus Benthamii and Eucalyptus Macarthurii for torrefied wood and pellets. **BioResources**. v. 7, n. 1, p. 217-235, 2012.

PLANTADAS (ABRAF). **Anuário Estatístico da ABRAF 2012: Ano Base 2011**. Brasília, 2012.

PPI- Programa de Parceria de Investimentos. **Concessão da Ferrogrão, Trecho Sinop/MT a Itaituba/PA (EF-170/MT/PA)**, 2019. Disponível em <<https://www.ppi.gov.br/ef-170-mt-pa-ferrograo>> Acesso em: 01/06/2018.

QUÉNO, L. R. M. (2015). **Produção de Pellets de Madeira no Brasil: Estratégia, Custo e Risco do Investimento**. Tese de Doutorado em Engenharia Florestal, Publicação PPG EFL. DM-132/09, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 145p.

QUIRINO, Waldir. F.. **Briquetagem de Resíduos Ligno-celulósicos**. Laboratório de Produtos Florestais - LPF/IBAMA. Brasília, 2004. 151

RANTA, T.; SCHWEINLE, J.; TROMBORG, E.; SOLBERG, B., SKJEVRAK, G. e TIFFANY, D. "Economic Sustainability for wood pellets production – A comparative study between Finland, Germany, Norway, Sweden and the US". **Biomass and Bioenergy**, Vol. 57. 2013.

RASGA, R. O. S. **Pellets de madeira e sua viabilidade econômico-financeira na substituição do óleo BPF-A1 em pequenos e médios consumidores no Estado de São Paulo**. 165f. Dissertação (Mestrado em Agroenergia) – Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getúlio Vargas-FGV. São Paulo, 2013.

RESOMASS La nouvelle logique énergétique. 2013. Available from :<http://www.resomass.com/fr/> Access on 22/03/2015.

SEMA- Secretaria do Estado do Meio Ambiente. **Coordenadoria de resíduos**

sólidos de mato Grosso. 2018. Disponível em< http://www.sema.mt.gov.br/index.php?option=com_content&view=category&id=184&Itemid=546> Acesso em: 22/03/2019.

RYCKMANS, Y. **Sustainability principles as proposed by Initiative Wood Pellets Buyers.** Biomass and Waste Competence Centre. 2012 Disponível em< http://www.enplus-pellets.eu/wp-content/uploads/2012/01/Proposal-of-sustainability-criteria-for-pellets_Yves-Ryckmans_Laborelec26Jan2012.pdf.> Acesso em: 01/05/2019.

SHANG, L., NIELSEN, N. P. K., DAHL, J., STELTE, W., AHRENFELDT, J., HOLM, J. K., THOMSEN, T., HENRIKSEN, U. B. Quality effects caused by torrefaction of pellets made from Scots pine. **Fuel Processing Technology**, v.101, p. 23–28. 2012. SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. L. Economia florestal. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2012.178p.

SERRANO, Diego M. C. **Avaliação do Potencial de Produção e Exportação de Pellets Combustível no Polo Florestal da Região Sul do Brasil.** 2009.

SINDIFRIGO- **Sindicato das Indústrias de Frigoríficos de Mato Grosso.** 2017. Disponível em: <http://www.sindifrigo.com.br/>. Acessado dia 20/11/2017 as 19:14 horas.

SINDILAT- **Sindicato das Indústrias de Laticínios do Estado de Mato Grosso.** 2017. Disponível em: <http://www.sindicatodaindustria.com.br/sindilatmt/empresas/>. Acessado dia 20/11/2017 as 19: 32 horas.

SKLAR, T. Torrefied Wood. **A Bio-Energy Option That Is Ready to Go”: A Biomass Digest Special Report.** 2009. Disponível em< <http://biomassdigest.net/blog/2009/12/31/torrefied-wood-a-bio-energy-option-that-is-ready-to-go-a-biomass-digest-special-report/> > Acesso em: 01/08/2018.

SISFLORA. Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais. 2017. Disponível em< https://monitoramento.sema.mt.gov.br/sisflora_ap/Sisflora.aspx> Acesso em: 11/06/2018.

STELTE, W. Fuel Pellets from Biomass. **Processing, Bonding, Raw Materials. Roskilde: Technical University of Denmark (DTU).** (Risø-PhD; No. 90(EN)) December 2011.

SUDAM. **Centro de Tecnologia da Madeira. Rendimento em serraria de trinta espécies de madeiras amazônicas.** Belém, 1981. 186p.

TAVARES, M. A. M. E.; TAVARES, S. R. L. **Perspectivas para a participação do Brasil no mercado Internacional de pellets.** Hologos, v. 5, n. 31, p. 292–306, 2015.

TEIXEIRA, Marcelo G. **Aplicação de Conceitos da Ecologia Industrial para a Produção de Materiais Ecológicos: o Exemplo do Resíduo de Madeira.** 2005. 159f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologia Ambiental

no Processo Produtivo) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. da. **Perspectiva do setor de biomassa de madeira para a geração de energia**. BNDES Setorial 33, Rio de Janeiro, 2011, p. 261-314, mar. 2011.

WYNN, G. Analysis: **Wood fuel poised to be next global commodity**. Green Business. Reuter19/05/2011. London. Disponível em<
<http://www.reuters.com/article/2011/05/19/us-energy-biomass-commodity-idUSTRE74I3NK20110519>. Acesso em 15/10/2018

YAMAJI, F. M. et al. **The use of forest residues for pellets and briquettes production in Brazil**. In: THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ENERGY FROM BIOMASS AND WASTE, 2010, Veneza, Itália, Anais... Editora: Eurowaste, 2010.

ZENID, G. J. (Coord.) et al. **Madeira: Uso Sustentável na Construção Civil**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2009. 99 p.